

**DIE FERNSEHTECHNISCHE MITSPEICHERUNG VON
ZIELAUFNAHMEN UND DEREN UNVERZÖGERTE
WIEDERGABE IM BEREICH DER INTERNEN
FUNKTIONELLEN UND ANGIOGRAPHISCHEN
RÖNTGEN-ROUTINEDIAGNOSTIK**

Helmut Streng

1976

Dissertationsdruck

Blasaditsch GmbH • 89 Augsburg 17 • Theodor-Heuß-Platz 3 • Telefon (0821) 51 85 63

Aus der Klinik und Poliklinik
für

R a d i o l o g i e
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. J. Lissner

Die fernsehtechnische Mitspeicherung von
Zielaufnahmen und deren unverzögerte
Wiedergabe im Bereich der internen
funktionellen und angiographischen
Röntgen-Routinediagnostik

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten
Medizin an der Ludwig Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Helmut Streng
aus Augsburg

1976

Mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. J. Lissner

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 4. 5. 1976



Dem Direktor der Klinik und Poliklinik für
Radiologie, Herrn Prof. Dr. med. J. Lissner,
danke ich für die freundliche Überlassung des
Themas.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. H. Haendle,
der mir bei der Abfassung der Arbeit und bei der
Auswertung der Röntgenbilder behilflich war und
mir mit seinem Rat jederzeit freundlich zur Seite
stand.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

G L I E D E R U N G

	Seite
1	E I N L E I T U N G 1
2	A L L G E M E I N E R T E I L 2
2.1.	Speichermöglichkeiten des fernsehtechnisch übertragenen Röntgenbildes 2
2.2.	Vergleich der Bildspeichermethoden 3
3	M A T E R I A L u n d M E T H O D I K
3.1.	Die Bildverstärker-Fernsehkette 5
3.1.1.	Der Fernsehkanal 6
3.1.2.	Das Sichtgerät 9
3.1.3.	Kontrastverstärkung und Helligkeits- regelung am Sichtgerät 10
3.2.	Der Magnetbandspeicher 13
3.2.1.	Technik der Aufzeichnung elektrischer Signale auf ein Magnetband 13
3.2.2.	Die Funktionsweise eines Magnetband- speichers 16
3.3.	Technisches Prinzip bei der fernsehtech- nischen Mitspeicherung von Zielaufnahmen und deren unverzögerten Wiedergabe 17
3.4.	Material zum Fotografieren der gespei- cherten Bilder vom Sichtgerät 23
4	E X P E R I M E N T E L L E R T E I L
4.1.	Die Mitspeicherung von Einzelbildern am üblichen Durchleuchtungsplatz (Orbiskop) in der allgemeinen Funktionsdiagnostik 24

	Seite
4.1.1. Ergebnisse bei den Untersuchungen der Trachea	25
4.1.2. Ergebnisse bei der Untersuchung des Bronchialsystems	26
4.1.3. Ergebnisse bei der Untersuchung des Oesophagus	29
4.1.4. Ergebnisse bei der Untersuchung des Magen-Darm-Traktes	32
4.2. Die Mitspeicherung von Einzelbildern am angiographischen Arbeitsplatz	39
4.2.1. Die technische Entwicklung der Angiographie	39
4.2.2. Die Indirektaufnahmetechnik vom Röntgenbildverstärker	40
4.2.3. Technischer Vorgang der Mitspeicherung indirekter Serienaufnahmen in der Angiographie	41
4.2.4. Die Summationsspeicherung in der Angio- graphie	42
4.2.5. Die Einzelbildspeicherung und Subtrak- tionsmethode in der Angiographie	44
4.3. Ergebnisse bei der Mitspeicherung von Einzelbildern am angiographischen Arbeitsplatz	45
4.3.1. Mitspeicherungstechnik bei der Nierenangiographie	45
4.3.2. Ergebnisse bei der Summationsspeicherung	49
4.3.3. Ergebnisse bei der Subtraktionsmethode	50
4.3.4. Ergebnisse bei der Armphlebographie	51
4.4. Ergebnisse bei der Mitspeicherung von Lymphographien	55

	Seite
4.4.1. Durchführung der Lymphographie unter Röntgenkontrolle	55
4.4.2. Vorteile der Subtraktions- und Einzelbildspeichertechnik bei Lymphographien	57
4.5. Fotografische Bildaufzeichnung des Monitorbildes zur Dokumentation des gespeicherten Einzelbildes	61
4.5.1. Bildaufzeichnung im Kinoformat	61
4.5.2. Bildaufzeichnung mit Polaroidsystem	63
4.5.3. Bildaufzeichnung mit einer Aufnahmereinheit	63
4.6. Die Archivierung gespeicherter Einzelbilder	67
5 D I S K U S S I O N	70
5.1. Die diagnostische Treffsicherheit der Durchleuchtung bei fernsehtechnischer Einzelbildspeicherung der Zielaufnahme	70
5.2. Beurteilung der Bildqualität einer fernsehtechnisch gespeicherten Zielaufnahme (Kriterien für die Diagnostik)	73
5.3. Der Ersatz der Direktaufnahme durch das Fernsehspeicherbild	77
5.4. Reduzierung von Risikofaktoren bei Kontrastmittelinjektionen durch Einbeziehung der Indirektaufnahmetechnik und der Fernseheinzelspeicherung	78

	Seite
5.5. Das Bildformat bei Indirektaufnahmen vom Sekundärleuchtschirm und dessen Bedeutung für die Speichereinheit	80
5.6. Eignung der fernsehtechnischen Einzelbildspeicherung für die Routinediagnostik	81
5.7. Der Einsatz der Fernseheinzelbild-Speicherung an anderen speziellen radiologischen Arbeitsplätzen	83
6 Z U S A M M E N F A S S U N G	85
7 L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S	87
8 L E B E N S L A U F	91

EINLEITUNG

Zur Dokumentation und Analyse von Bewegungsabläufen ist der Videobandspeicher zu einem selbstverständlichen Handwerkszeug in der Röntgendiagnostik geworden. Obwohl etwa zur gleichen Zeit die Einzelbildspeicherung in der Radiologie eingesetzt worden ist, hat bisher nur die Szenenspeicherung eine größere Verwendung gefunden.

Mit dieser Arbeit wurde im Bereich der Röntgen-Routinediagnostik geprüft, ob der Einsatz einer Einzelbildspeicherung und die Wiedergabe von Zielaufnahmen über das Fernsehen unter Berücksichtigung des modernsten Standes der heutigen Technik nicht doch sinnvoll ist, und für Arzt und Patienten wesentliche Vorteile aufweist.

Mit einer neuen speziellen elektronischen Mitspeichereinrichtung wurde in Zusammenarbeit mit den Forschungslaboratorien Siemens, Erlangen, die ausreichende Anpassung der Einzelbildspeicherung an die Erfordernisse der Röntgen-Routinediagnostik, an die ausreichende Bildqualität, und der Einsatzzweck des Einzelbildspeichersystems untersucht.

ALLGEMEINER TEIL2.1. Speichermöglichkeiten des fernsehtechnisch
übertragenen Röntgenbildes

Die für die Fernsehübertragung charakteristische zwischenzeitliche Zerlegung des Bildes in einzelne Bildpunktsignale bietet die Möglichkeit, das Fernsehbild zu speichern. Für die Aufbewahrung von Röntgenfernsehbildern und deren Bereithaltung zur späteren Betrachtung und Verwertung, bzw. zur sofortigen Reproduktion nach einer Durchleuchtung, gibt es verschiedene elektronische Verfahren, bei denen die elektronischen Videosignale in Form von elektrischen Ladungen oder in magnetischen Schichten festgehalten werden.

a) _Sichtspeicherröhren

Sichtspeicherröhren sind Vakuumröhren, die ursprünglich für Radarzwecke entwickelt worden sind. Eine solche Sichtspeicherröhre verwandelt ein kurzzeitig eingespeistes Fernsehsignal in ein Fernsehbild, das auf der Schirmfläche der Röhre betrachtet, und elektronisch schnell gelöscht werden kann. Sichtspeicherröhren, die nach diesem Prinzip arbeiten, wurden von WALLMAN und WICKBOM (20) und STEVENSON (18) beschrieben und erprobt.

b) _Ladungsspeicherröhren

Einer Ladungsspeicherröhre wird das Fernsehsignal direkt eingeschrieben, und dieses Signal kann dann für längere Zeit an einem oder mehreren angeschlossenen Sichtgeräten betrachtet werden (BERCI und SEYLER, 2).

c) Magnetspeicher

Eine andere Methode der Bildaufbewahrung ist die Festlegung des Fernsehsignales in einer magnetischen Schicht. Es sind zwei Anordnungen bekannt geworden:

- Das Speicherrad (OOSTERKAMP und SCHUT, 14), das die Magnetschicht auf der Felge eines rasch umlaufenden Rades trägt,
- der Folienspeicher (BISCHOFF, BODENSTEIN, WALTER, 3, SCHOTT, 16), bei dem der Träger der Magnetschicht eine schnell rotierende, runde Kunststoffolie ist. Das Fernsehsignal wird mit Magnetköpfen eingeschrieben und bei der Wiedergabe von ihnen gelesen.

2.2. Vergleich der Bildspeichermethoden

Die Einzelbildspeicherung bietet Möglichkeiten, durch eine diskontinuierliche Röntgenstrahlung, aber kontinuierliche Bildwiedergabe, langsam ablaufende Vorgänge zu verfolgen und dabei eine Reduzierung der Strahlenbelastung zu erzielen (BISCHOFF, BODENSTEIN, WALTER, 3, WEBSTER, 21).

Außerdem ist man in der Lage, elektronisch gespeicherte Bilder ohne zeitliche Verzögerung unmittelbar nach der Aufnahme zu reproduzieren. Dennoch ergeben sich beim Vergleich der Speichermethoden einige wichtige Unterschiede.

Bilder, die mittels Röhren gespeichert werden, besitzen eine relativ kurze Lesezeit, die für eine sofortige radiologische Auswertung im allgemeinen ausreichend ist. Da das Bild in Form eines elektronischen Ladungsgebirges in der Röhre gespeichert ist, wird es durch Gasreste im Vakuum allmählich zerstört. Damit ist diese Methode der Speicherung für eine Archivierung von Bildern oder deren

längere Aufbewahrung hinfällig.

Auch die erreichte Qualität von Bildern am Röhrenspeicher ist begrenzt, nicht zuletzt durch die Struktur und Ungleichmäßigkeit der Speicherschicht. Während Schwarz-Weiß-Kontraste gut zur Darstellung kommen, lassen sich verschiedene Graustufen, die zur Beurteilung von Röntgenbildern von großer Wichtigkeit sind, nur schlecht darstellen.

Bei Magnetspeichern gibt es keinen zeitlichen Verlust des gespeicherten Signals. Beliebig lange kann das Bild aufbewahrt und auch über eine sehr lange Zeit wiedergegeben werden. In Bezug auf die Bildqualität stellen die meist kontrastschwachen Röntgenbilder an Magnetspeicher sehr hohe Anforderungen, weil Störeffekte vermieden werden müssen, die durch die mehrfache Signalumwandlung innerhalb des Speichers und durch die Struktur der Magnetschicht verursacht werden können.

Wegen der erreichten besseren Bildqualität, des Vorteiles einer Langzeitspeicherung, der Möglichkeit, neben Durchleuchtungsabläufen auch Einzelbilder speichern zu können, ist der Magnetspeicher in seiner Anwendung vielseitiger und den Speicherröhren überlegen.

Die größte praktische Bedeutung von allen bisher bekannt gewordenen elektronischen Speicherverfahren hat der Magnetbandspeicher erlangt. Seine Funktion ist in Abschnitt 3.2. beschrieben.

3.1. Die Bildverstärker-Fernsehkette

Die Zerlegung eines Röntgenbildes in Fernsehsignale, wie dies beim Röntgenfernsehen geschieht, ist Voraussetzung für die Anwendung elektronischer Speicherverfahren. Ziel des Röntgenfernsehens ist die Darstellung eines möglichst hellen, kontrastreichen und fein detaillierten Durchleuchtungsbildes.

Die vom Brennfleck der Röntgenröhre ausgehende Röntgenstrahlung durchdringt den Körper des Patienten und wird je nach Dicke, Dichte und Ordnungszahl der durchstrahlten Körperteile geschwächt. Damit entsteht in einer Art von Zentralprojektion an der Auffangfläche hinter dem Patienten ein Strahlenbild, das die von Ort und Zeit abhängige Intensitätsverteilung der Röntgenstrahlung wiedergibt. Das Strahlenbild wird bei der Durchleuchtungstechnik durch die Fluoreszenz des Zink-Cadmiumsulfids im Leuchtschirm, bei der Aufnahmetechnik durch Filmbelichtung und -entwicklung sichtbar gemacht. Bei modernen Röntgenanlagen ist der Leuchtschirm vielfach durch eine Bildverstärker-Fernsehanlage ersetzt.

Die Röntgenfernsehkette ist schematisch im folgenden Bild dargestellt.

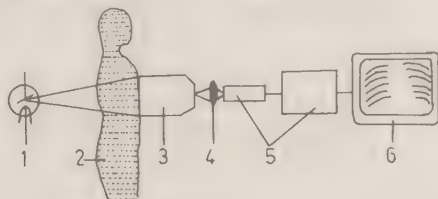


Abb. 1: Schema der Röntgenfernsehkette nach SCHOTT (17)
 1 Röntgenröhre, 2 Patient, 3 Röntgenbildverstärker, 4 Zwischenoptik, 5 Fernsehkamera, 6 Monitor

Auf den einzelnen Teilstücken ihres Weges durch die Bildverstärker-Fernsehkette wird die Information nacheinander von den Röntgenstrahlen im Strahlenbild, von den Photonen im sichtbaren Licht des Eingangsschirmes, von den aus der Fotokathode austretenden Elektronen, vom sichtbaren Licht im Ausgangsbild des Bildverstärkers, von den durch die Wandlung in der Fernsehaufnahmeröhre entstehenden elektrischen Signalen und schließlich vom sichtbaren Licht am Fernsehgerät weitergeleitet (SCHOTT, 17).

3.1.1. Der Fernsehkanal

Beim Fernsehen wird das zu Übertragende Bild in zahlreiche kleine Bildelemente zerlegt. Diese Bildelemente (Bildpunkte) haben verschiedene Helligkeitswerte, die zwar gleichzeitig vorhanden sind, im Fernsehverfahren aber nacheinander zeilenförmig abgetastet und dabei in eine zeitliche Folge entsprechender Spannungswerte verwandelt werden, wie folgende Abbildung zeigt.

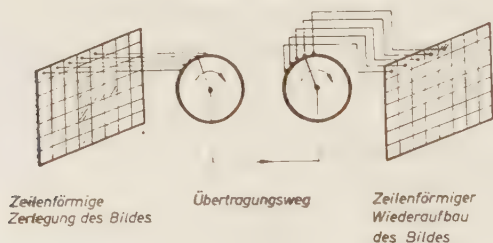


Abb. 2: Schema der Bildzerlegung, -übertragung und -wiederaussetzung beim Fernsehen nach THEILE (19)

Der auf diese Weise entstandene zeitliche Spannungsverlauf wird als Videosignal bezeichnet und erreicht auf dem Übertragungsweg das Sichtgerät. Dort werden die Spannungswerte wieder in Helligkeitswerte auf dem Schirm der Bildröhre umgewandelt, die das Bild zeilenförmig wieder zusammensetzen. Zerlegung und Zusammensetzung der Bilder gehen so schnell vonstatten und werden so oft in der Zeiteinheit wiederholt, daß das Auge diese Vorgänge nicht wahrnimmt.

Jedes Bild wird dabei nach der in Europa üblichen Norm in 625 waagrechte Zeilen zerlegt, die nacheinander abgetastet werden. Der Übertragungsvorgang wird 25 mal in der Sekunde wiederholt.

Vom Kino ist bekannt, daß eine diskontinuierliche Bildübertragung dem Auge erst flimmerfrei erscheint, wenn man eine genügend schnelle Bildfolge anwendet (etwa 50 Bilder/sec). Obwohl man beim Fernsehen die Gesamtzahl der Zeilen in einer $1/25$ Sec. überträgt, erreicht man ein flimmerfreies Bild auf dem Sichtgerät durch das sog. Zeilensprungverfahren. Dabei unterteilt man den Zerlegungsvorgang des Bildes in zwei Teilvorgänge, die beim 625-Zeilen-System je $1/50$ sec dauern.

Man überträgt von den 625 Zeilen eines Bildes zunächst die 1., 3., 5., usw. Zeile und anschließend die 2., 4., 6., usw. und sorgt für eine kammerartige Ineinschachtelung der beiden Zeilenfolgen. Es werden so zwei Halbbilder zu je 312,5 Zeilen mit einer Übertragungszeit von je $1/50$ sec zu einem Vollbild von 625 Zeilen mit einer Übertragungszeit von $1/25$ sec zusammengesetzt.

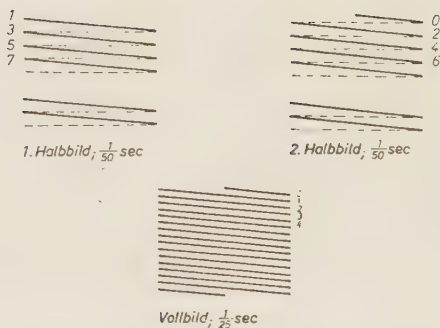


Abb. 3: Zusammensetzung zweier Halbbilder zu einem Vollbild nach GEBAUER, LISSNER, SCHOTT (7)

Der elektronische Zerlegungs- und Wiederaussetzungs-
vorgang am Eingang und Ausgang des Fernsehkanals verlangt
einen exakten Gleichlauf der beiden Elektronenstrahlen
in der Fernsehkamera und im Sichtgerät, der mit Hilfe
von Synchronisierimpulsen erreicht wird.

In dem Fernsehkanal, der im wesentlichen aus Fernseh-
kamera, Zentrale und Sichtgerät besteht, hat die
Fernsehkamera den größten Einfluß auf die Bildqualität.
Das entscheidende Bauelement in der Kamera ist die
Fernsehaufnahmeröhre. In dieser Röhre wird das auf
ihre Eingangsfläche projizierte Bild durch den oben
angedeuteten Abtastvorgang in das Videosignal ver-
wandelt (GEBAUER, LISSNER, SCHOTT (7), S.27-29).

3.1.2. Das Sichtgerät

Das Sichtgerät ähnelt in seinem Aufbau sehr stark einem Fernsehgerät. Es fehlt lediglich der Hochfrequenzteil, weil beim Röntgenfernsehen das Videosignal über ein Kabel zugeführt wird. Das wesentlichste Merkmal des Sichtgerätes ist dessen Bildgröße. Häufig wird das 36-cm-Sichtgerät angewendet. Bei einem 25 cm Bildverstärker wird ein Objekt im Körperinneren wegen der geometrischen Vergrößerung etwa in natürlicher Größe auf dem Sichtgerät abgebildet.

Die Leuchtdichte des Sichtgerätes erreicht 100–200 asb (Apostilb). Sie ist damit rund 10^5 mal höher als die eines Leuchtschirmes bei der üblichen Durchleuchtungs-dosisleistung.

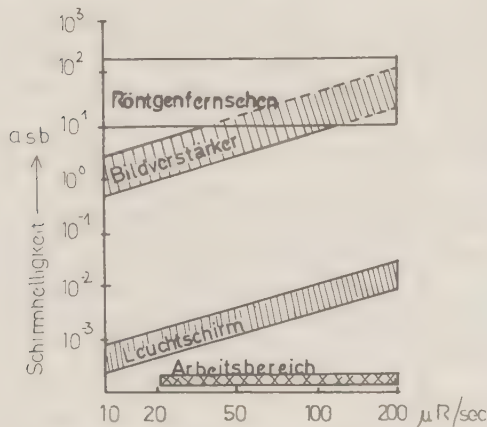


Abb. 4: Darstellung der Schirmhelligkeit bei Durchleuchtung mit Leuchtschirm, Röntgenbildverstärker und beim Röntgenfernsehen (GEBAUER, LISSNER, SCHOTT, 7)

3.1.3. Kontrastverstärkung und Helligkeitsregelung am Sichtgerät

Die Bildqualität des Röntgenfernsehbildes ist, soweit sie von der Fernsehanlage beeinflusst wird, im wesentlichen schon durch die Fernsehaufnahmeröhre und die Eigenschaften der Kamera bestimmt. Dennoch können Kontrastverstärkung und Helligkeitsregelung am Sichtgerät den optischen Eindruck eines Bildes mit beeinflussen.

Der Kontrast eines Bildes bzw. Bilddetails ist für die übermittelte Information von entscheidender Bedeutung. Zwei benachbarte Stellen eines Bildes kann man aufgrund ihrer Helligkeit, genauer gesagt Leuchtdichten, einen Kontrastwert zuordnen.

Allgemein gesprochen kommt es beim Kontrast auf das Verhältnis zweier benachbarter Intensitäten I_1 , I_2 an (Abb. 5). Diese Intensitäten können z.B. Leuchtdichten, Beleuchtungsstärken, Röntgenstrahlenintensitäten, Elektronenintensitäten, Ladungsdichten und vieles andere bedeuten.

Dagegen ist in dem Begriff Kontrast nicht die Steilheit des Überganges von I_1 zu I_2 enthalten. Diese Steilheit ist die Änderung der Intensität um den Betrag ΔI , wenn man zwei um die kurze Wegstrecke ΔS voneinander entfernte Bildpunkte betrachtet (also $\frac{\Delta I}{\Delta S}$). Sie wird als Gradient bezeichnet. Je größer der Gradient ist, um so schärfer erscheint die Bildstelle.

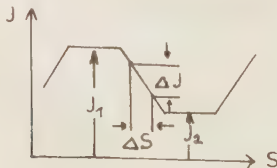


Abb. 5: Darstellung benachbarter Intensitäten zur Definition von Kontrast u. Gradient (LISSNER, 7)

GEBAUER, LISSNER, SCHOTT (7) verwenden für den Begriff Kontrast ausschließlich die Definition

$$K = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} .$$

Sie hat den Vorteil, daß sie mit der Definition des Modulationsgrades der Nachrichtentechnik übereinstimmt. Der Modulationsgrad m ist das Verhältnis der Amplitude einer Niederfrequenz A_N zur Amplitude einer Hochfrequenz A_H , die mit dieser Frequenz moduliert ist. Innerhalb des Röntgenfernsehkanales besteht durch die Umwandlung eines Bildes in ein elektrisches Signal eine enge Beziehung zwischen Kontrast und Modulation. Das hat dazu geführt, daß man die Funktion, die das Verhalten optischer Bauelemente, wie Bildverstärker und Objektive, in bezug auf ihre Fähigkeit, aufgeprägte Kontraste zu übertragen, nicht mehr Kontrastübertragungsfunktion, sondern Modulationsübertragungsfunktion nennt.

Es ist ein Charakteristikum der radiologischen Bildübertragung, daß die Kontraste, die von kleinen Details verursacht werden, im Strahlenrelief meist klein sind. Eine weitere Kontrastminderung tritt im Röntgenbildverstärker durch Streuungs- und Lichtleitungseffekte auf.

Mit den beiden Reglern des Sichtgerätes "Kontrast" und "Helligkeit" ergibt sich eine Möglichkeit der Kontrastverstärkung in sehr weiten Grenzen.

Auf dem Sichtgerät wird das Objektdetail durch den Helligkeitsverlauf (Verlauf der Leuchtdichte B) des Linienzuges wiedergegeben. (Abb. 6)

Dreht man den Kontrastregler in Richtung "mehr Kontrast", ohne den Helligkeitsregler zu betätigen, so erhöht man die Verstärkung im Fernsehkanal. Dies bewirkt auf dem Sichtgerät, daß die Helligkeitsunterschiede (Amplituden

der Leuchtdichte) größer werden, daß aber das mittlere Helligkeitsniveau a erhalten bleibt (Abb. 7).

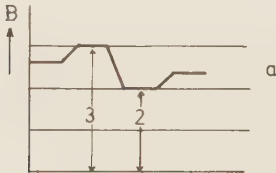


Abb. 6:
Helligkeitsverlauf

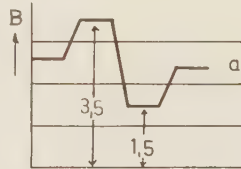


Abb. 7:
Vergrößerung der Helligkeitsunterschiede

Wenn man nun den Helligkeitsregler in Richtung "dunkel" dreht, bleiben die Helligkeitsunterschiede erhalten, aber die mittlere Helligkeit sinkt auf das Niveau b . Dadurch wird der Kontrast weiter erhöht (Abb. 8).

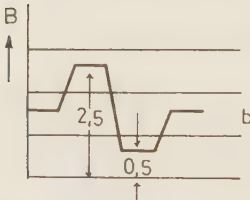


Abb. 8:
Kontrasterhöhung

Durch eine weitere Absenkung der mittleren Helligkeit ist es leicht, den Kontrast zu einem "Schwarz-Weiß-Kontrast" zu machen, d.h. den höchsten Grad an Kontrastverstärkung zu erreichen (Abb. 9).

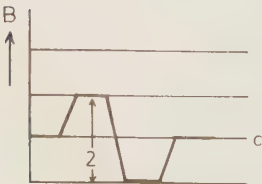


Abb. 9:
Höchster Grad der Kontrastverstärkung

Durch geschicktes Manipulieren der beiden Regler ist es möglich, eine für das Erkennen der gesuchten Details optimale Einstellung zu finden. (GEBAUER, LISSNER, SCHOTT (7), S.38-43)

3.2. Der Magnetbandspeicher

Für die elektronische Speicherung in der Röntgen-Routinediagnostik hat sich der Magnetbandspeicher durchgesetzt. Der Anstoß, Bandspeichermaschinen zu konstruieren, kam von den Fernsehstudios. Durch die Entwicklung solcher Geräte wurde es möglich, Fernsehsendungen aufzuzeichnen und bei passender Gelegenheit aus der Konserve zu senden. Seit die Entwicklungsverfahren dieser Maschinen zu Konstruktionen billiger Modelle geführt haben, die heute bereits für den privaten Gebrauch auf dem Markt sind, sich also auch von technischen Laien leicht bedienen lassen, wird der Bandspeicher im Röntgenbetrieb in immer zunehmendem Umfang eingesetzt (HASLAUER u. STEINER, 9, JUTRAS, 10) und will von vielen Radiologen nicht mehr gemißt werden.

3.2.1. Technik der Aufzeichnung elektrischer Signale auf ein Magnetband

Zwei Hauptelemente zur Aufzeichnung, Speicherung und Wiedergabe der elektrischen Signale sind der Magnetkopf als Übertragungsglied und das als Signalspeicher dienende Magnetband. Letzteres besteht aus einem Trägerband aus dünner Kunststoffolie (etwa 30μ), auf der die eigentliche Magnetschicht ($6-10\mu$) in Form feinsten, in einem Bindemittel eingebetteter Eisenoxydteilchen aufgebracht ist.

Der Magnetkopf ist ein im Video-Verstärkerkreis liegender Elektromagnet mit Weicheisenkern, dessen Polschuhe nur auf Spaltweite ($1-2\mu$) gegenüberstehen. Beim Vorbeiführen des Bandes nimmt der aus den Polschuhen austretende, entsprechend dem Videosignal modulierte magnetische Kraftfluß den Weg durch die geringeren magnetischen Widerstand bietenden Eisenoxydteilchen und magnetisiert sie dabei zu Permanentmagneten in einer dem Videosignal entsprechenden Stärke. Das Bild ist gespeichert.

Bei der Wiedergabe verläuft der Vorgang auf ähnliche Weise in umgekehrter Richtung. Das Band wird an den Polschuhen vorbeigeführt, verursacht dabei einen entsprechend dem Speichersignal veränderlichen magnetischen Kraftfluß im Weicheisenkern, und das dadurch in der Spule des Magnetkopfes induzierte elektrische Videosignal kann schließlich dem Sichtgerät wieder zugeführt werden.

Die Realisierung dieses Grundprinzips erfordert für die Bildaufzeichnung einen hohen technischen Aufwand. Der Grund ist die außerordentlich hohe Bildpunktfrequenz des Fernsehbildes, sowie das große Verhältnis zwischen höchster und niedrigster Frequenz der zu übertragenden Bildsignale.

Das in $1/50$ sec geschriebene Halbbild (Vollbild halber Zeilenzahl) enthält ca. 200 000 Bildelemente, d.h. in jeder Sekunde müssen bis zu 10 Millionen Bildelemente aufgezeichnet werden. Bei einer Spaltbreite von $1-2\mu$ erfordert dies eine Relativgeschwindigkeit zwischen Magnetkopf und Band von mehr als 40 km/h. Um einer indiskutablen Länge des Bandes aus dem Weg zu gehen, löst man dieses Problem dadurch, daß die Aufzeichnung durch einen oder auch mehrere schnell rotierende Magnetköpfe in schräg zum Band verlaufenden, unterbrochenen Spuren erfolgt; d.h. unter mehrspuriger Ausnutzung des

Bandes. Die Bandgeschwindigkeit ist dabei verhältnismäßig gering.

Da es kaum realisierbar ist, den schon erwähnten großen Bereich der Videofrequenz mit der Bandspeichermethode zu erfassen, wird das amplitudenmodulierte Fernsehsignal zunächst auf eine Trägerfrequenz moduliert und erst das frequenzmodulierte Bildsignal, worin das Frequenzverhältnis kleiner ist, auf Band gespeichert. Nach der Ablesung erst wieder demoduliert, kann das Videosignal einem normalen Sichtgerät zugeleitet werden (BOUWERS u. KREBS, 4).

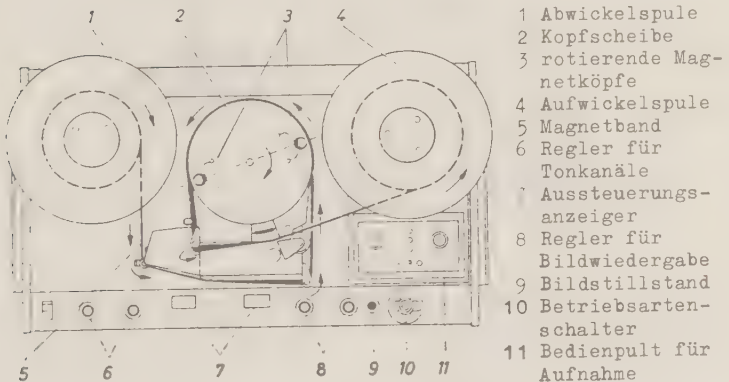


Abb. 10: Schema eines Magnetbandspeichers nach BOUWERS u. KREBS (4)

3.2.2. Die Funktionsweise eines Magnetbandspeichers

Der Magnetbandspeicher arbeitet mit zwei um eine gemeinsame Achse kreisenden Video-Magnetköpfen, wobei das 1 Zoll breite Band in gegensinniger Richtung spiralförmig über eine Zylindertrommel geführt wird. Mit einer Rotationsgeschwindigkeit von 25 U/sec schreiben die Köpfe abwechselnd jeweils während einer halben Umdrehung. Jede der in $1/50$ sec aufgezeichneten Schrägspuren enthält folglich die Bildpunktmenge eines Fernsehbildes halber Zeilenzahl, wodurch bei stillstehen-dem Band auch die Wiedergabe einzelner Standbilder ermöglicht wird.

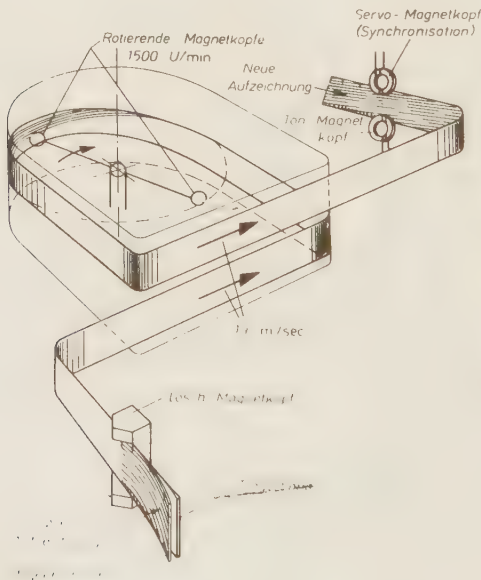


Abb. 11: Schematische Darstellung des Arbeitsprinzips eines Magnetbandspeichers (BOUWERS u. KREBS, 4)

Der feststehende Servo-Magnetkopf dient zur Aufzeichnung der wichtigen Steuer- und Synchronisationsspur (in gewissem Sinne mit der Perforation beim Film vergleichbar). Eingangsseitig wird das Band an einem besonderen Lösch-Magnetkopf vorbeigeführt, der bei "Aufnahme" automatisch in Funktion tritt, und die Eisenoxydteilchen hochfrequent wieder entmagnetisiert. (BOUWERS u. KREBS)

Das wiedergegebene Bild des Bandspeichers unterscheidet sich in der Qualität nur wenig von der Originaldurchleuchtung. Ein kleiner, wenn auch kaum bemerkbarer Verlust an Details muß in Kauf genommen werden, weil die heutigen Bandspeicher eine geringere Frequenzbandbreite (2 1/2 MHz bis 3 1/2 MHz) des Übertragungskanals haben als die Röntgenfernsehkette (JUTRAS 10).

3.3. Technisches Prinzip bei der fernsehtechnischen Mitspeicherung von Zielaufnahmen und deren unverzügter Wiedergabe

Die Fixierung des Durchleuchtungsbefundes geschah bisher fast ausschließlich durch sogenannte Übersichts- oder Zielaufnahmen, zu deren Anfertigung die Zielgeräte mit immer raffinierteren Vorrichtungen ausgerüstet wurden. Die Kassetten konnten ohne Rahmen eingelegt werden, das Einfahren geschah elektromotorisch oder hydraulisch. Die Aufnahmebelichtung wurde mittels Kontakten gestartet und durch Schaltung der Belichtungsautomaten beendet. Man näherte sich einem Optimum an Automatisierung und Bequemlichkeit, hatte dabei allerdings eine gewisse Schwerfälligkeit in den Bewegungen des Zielgerätes in Kauf zu nehmen. Außerdem

verschwand nach wie vor das Durchleuchtungsbild vor der Aufnahmebelichtung, so daß die Aufnahmesituation nie genau vorherbestimmbar war und auch nicht sicher kontrolliert werden konnte. Es handelte sich bei der konventionellen Durchleuchtung eigentlich nicht einmal um die Fixierung des Befundes, sondern vielmehr um die Festlegung einer optimalen Aufnahmeposition. (GEBAUER, LISSNER, SCHOTT, (7) S.114)

GIRANY und GAITHER (8), auch MORGAN (13), sehen die Registrierung einer Aufnahme mit sofortiger Wiedergabemöglichkeit, wie dies am Bandspeicher geschieht, als optimal an.

Eine sofortige Darstellung der Aufnahmesituation wird erreicht durch die unverzügerte Wiedergabe von fernsehtechnisch gespeicherten Zielaufnahmen, deren Technik im folgenden Teil der Arbeit beschrieben wird.

Nach dem Auslösen der Zielaufnahme sieht man auf dem Untersuchungsmonitor normalerweise ein Aufblitzen, das heißt, ein kurzzeitig stark überstrahltes Bild. Dies rührt von der hohen Bilddosis zur Erzeugung der Direkt- oder der Röntgenbildverstärkeraufnahme her. Dadurch wird das Ausgangsbild des Röntgenbildverstärkers sehr hell, und die Fernsehaufnahmeröhre bekommt mehr Licht angeboten als sie verarbeiten kann.

Bei der fernsehtechnischen Mitspeicherung wird, wie in Abbildung 13 gezeigt, zwischen Röntgenbildverstärkerausgang und Kameraobjektiv während der Aufnahmevorbereitungszeit eine motorische Irisblende bis auf eine sehr kleine Öffnung geschlossen. Auf die Fernsehaufnahmeröhre fällt dadurch bei der Zielaufnahme ein viel geringerer Lichtstrom.

Während der Aufnahme wird der abtastende Elektronenstrahl der Fernsehaufnahmeröhre unterbrochen. Auf der photoempfindlichen Halbleiterschicht der Aufnahmeröhre baut sich dabei ein Ladungsbild auf, das nach Beendigung der Zielaufnahme als einzelnes Fernsehbild abgetastet wird.

Zur Speicherung dieses einzelnen Fernsehbildes wird der gleiche Videobandspeicher benutzt, mit dem auch Durchleuchtungsszenen aufgenommen werden. Bei Mitspeicherung der Durchleuchtung wird während der Vorbereitungszeit der Zielaufnahme der Vorschub des Videobandes gestoppt. Das nach Ablauf der Aufnahme abgetastete Fernseheinzelbild mit dem Informationsgehalt der Zielaufnahme wird auf das Videoband aufgezeichnet und sofort so lange vom stehenden Band auf dem Untersuchungsmonitor wiedergegeben, bis die Durchleuchtung wieder eingeschaltet wird.

Der Videobandspeicher muß für die zusätzliche Eignung zur Zielaufnahmemitspeicherung entsprechend modifiziert sein (Bandschrittsteuerung).

Das folgende Schema stellt die Reihenfolge des Speicherungsablaufes von der Aufnahmepvorbereitung bis zur Wiedergabe des gespeicherten Bildes auf ein Sichtgerät an einer Zeitachse dar. (Abb. 12)



Abb. 12: Reihenfolge des Speicherungsablaufes bei der Fernsek.-Einzelbildspeicherung, dargestellt an einer Zeitskizze

Der ganze Ablauf der Mitspeicherung und die Wiedergabe auf dem Untersuchungsmonitor erfolgen automatisch nach dem Auslösen der Zielaufnahmen.

Bei der Mitspeicherung von Röntgenbildverstärker-Serienaufnahmen wird das Videoband langsam weiterbewegt, wobei die Aufzeichnung einer maximalen Bildfrequenz von 6 B/sec möglich ist. Unmittelbar nach Ende der Aufnahmeserie können mit Hilfe einer Spursuchautomatik die einzelnen Serienbilder wiedergegeben werden (siehe 4.2.).

Zur Gewinnung der richtigen Bildhelligkeit bei der Mitspeicherung der Zielaufnahmen sind bestimmte Maßnahmen erforderlich. Durch das Schließen der Irisblende zwischen Röntgenbildverstärker und Fernsehkamera wird nur für die Zielaufnahme vom Röntgenbildverstärker (z.B. 70-mm-Aufnahmen) der Fernsehröhre immer die gleiche Lichtmenge angeboten. Die zugehörigen Fernsehbilder werden mit der richtigen Helligkeit aufgenommen. Dafür sorgt der für die Röntgenbildverstärker-Aufnahmen notwendige Multiplier am Bildverstärkerausgang. Er schaltet nach Erreichen der für die 70-mm-Aufnahme richtigen Lichtmenge, die über einen teildurchlässigen Spiegel auf die Röntgenbildverstärkerekamera gelangt, die Strahlung ab.

Bei Direktaufnahmen wird die Strahlung durch eine Ionisationskammer abgeschaltet. Bei richtig belichtetem Kassettenfilm ist dabei jedoch die Lichtmenge, die der Röntgenbildverstärker abgibt, nicht konstant. Die bei den Aufnahmen am Röntgenbildverstärkerausgang abgegebene Lichtmenge ist abhängig von der Strahlenhärte. Für die Änderung der Lichtmenge bei richtig belichteten direkten Zielaufnahmen sind darüber hinaus

weitere Faktoren von Einfluß. Dazu gehört u. a. die Umschaltung des Röntgenbildverstärkers auf ein kleines Eingangsfeld. Deshalb muß eine spezielle, einfache Belichtungsautomatik für die Mitspeicherung von Direkt-aufnahmen zusätzlich für eine konstante Lichtmenge am Bildverstärkerausgang sorgen. (FUCHS, HAENDLE, HORBASCHEK, SCHOTT, SCHUSTER, 6)

Diesen Vorgang der fernsehtechnischen Mitspeicherung von Zielaufnahmen und ihrer unverzögerten Wiedergabe auf einen Monitor nennen wir im folgenden Teil dieser Arbeit **E i n z e l b i l d s p e i c h e r u n g**, abgekürzt **E B S**.

In Abb. 13 ist das EBS-System noch einmal schematisch dargestellt.

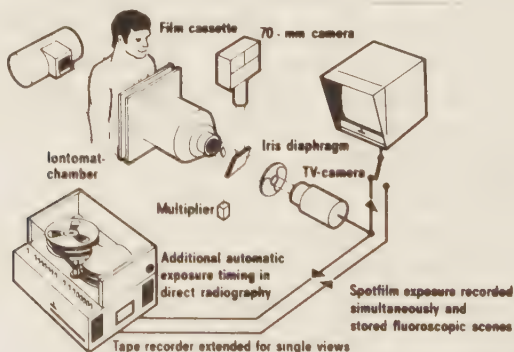


Abb. 13: Schema der Fernseh-Einzelbildspeicherung EBS nach HAENDLE et al.

(Wir danken an dieser Stelle der Forschungsabteilung Siemens, Erlangen, für die Bereitstellung der Laborgeräte und besonders den Herren Haendle und Schott für das Überlassen von Informationsmaterial.)

3.4. Material zum Fotografieren der gespeicherten Bilder vom Sichtgerät

Die uneingeschränkte Weitergabe eines Bildes vom Monitor erfordert das Fotografieren der Aufnahme vom Fernsichtgerät. Erst durch die Fotografie wird es möglich, sich unabhängig vom Fernsehübertragungssystem über den Inhalt der gespeicherten Röntgenaufnahme informieren zu können.

Nähere Einzelheiten über die Darstellung der EBS-Aufnahme auf fotografischem Wege siehe 4.5..

Zur Anfertigung der Fotografie verwendeten wir eine leistungsfähige Spiegelreflex- bzw. Polaroidkamera und konfektioniertes Filmmaterial.

Die Fotografien in dieser Arbeit sind auf EKTACHROM X Film, einem Umkehrfarbfilm (19 DIN) mit besonders hoher Empfindlichkeit und Schärfe, und einem extrem feinkörnigen Schwarzweiß-Film, ILFORD Pan F, aufgenommen, dem eine große Brillanz zugeschrieben wird.

Die in der Arbeit veröffentlichten Bilder liegen im Original als Diapositive vor. Es ist bisher leider nicht möglich, auf fotografischem Wege die Brillanz der EBS-Aufnahmen von Monitorbildern zu erreichen. Wegen des geringen Kontrastumfanges der Fotografien und den üblichen Qualitätsverlusten beim Kopieren wird die Bildqualität des Fernspeicherbildes auf den Fotografien allgemein etwas schlechter als auf dem Monitor wiedergegeben.

4 EXPERIMENTELLER TEIL

4.1. Die Mitspeicherung von Einzelbildern am üblichen Durchleuchtungsplatz in der allgemeinen Funktionsdiagnostik

Der erste Abschnitt des experimentellen Teiles meiner Arbeit befaßt sich mit den Erfahrungen, die wir beim Einsatz des EBS-Systems in der allgemeinen Funktionsdiagnostik von Trachea, Bronchialsystem, Oesophagus, Magen, Dünndarm und Colon gemacht haben.

Bei der radiologischen Untersuchung dieser Organe handelt es sich um schnell ablaufende Kontrastmittelpassagen, bei denen es nicht immer leicht ist, die wesentlichen bzw. fraglich pathologischen Stellen im richtigen Moment festzuhalten. Die Folge ist, daß die Direktaufnahme Bewegungsunschärfen enthält oder verspätet "geschossen" wird, d.h. dann, wenn das Kontrastmittel eine suspekte Stelle schon passiert hat, und die Zielaufnahme zu spät ausgelöst worden war.

Bisher hatte man keine Kontrolle über das Gelingen der Direktaufnahme und konnte über ihre Brauchbarkeit erst entscheiden, wenn man nach Abwarten der Entwicklungszeit das Röntgenbild nach Einzelheiten absuchte. Das brachte mitunter eine gewisse Unsicherheit in den Untersuchungsfortgang, eine Verzögerung im Untersuchungsablauf und eine nachträgliche erneute Belastung für den Patienten, wenn dieser bei insuffizienter Aufnahme die ganze Durchleuchtung von Anfang an über sich ergehen lassen mußte.

Da diese Unsicherheitsfaktoren durch eine unmittelbare Wiedergabe der Zielaufnahme auf dem Fernsehmonitor

wegfallen müßten, erhofften wir uns durch die Einführung des EBS-Systems wesentliche Vorteile für Arzt und Patienten.

4.1.1. Ergebnisse bei den Untersuchungen der Trachea

Die röntgenologische Untersuchung der Trachea wird durchgeführt zur Abklärung bei Tracheaverdrängung, -stenose, -perforation oder zur Feststellung einer Tracheomalazie. Von der Klinik wird häufig die Frage nach einer Wandschwäche gestellt.

Dazu werden in der Regel Funktionsaufnahmen beim Saugen und Pressen gemacht (Saug- und Preßversuch). Man ist dabei ganz besonders auf die Mithilfe des Patienten angewiesen. Zur Beurteilung der Druckverhältnisse wird auf der Zielaufnahme eine Manometersäule mit abgebildet.

Wir haben 15 Patienten unter Einbeziehung der Mitspeichertechnik untersucht und kamen dabei zu folgendem Ergebnis:

Bei der Mitspeichertechnik kann die Beschaffenheit der Trachea, ihre Lage zur Umgebung und die Manometersäule betrachtet, und die entsprechenden Über- bzw. Unterdruckverhältnisse abgeschätzt werden. Ein fehlerhaftes Verhalten des Patienten wird auf dem mitgespeicherten Monitorbild sofort erkannt. So ist es möglich, die Untersuchung in sich abzuschließen, ohne daß der Patient nach einer längeren Wartezeit wie früher, als die Entwicklung der Röntgenbilder abgewartet werden mußte, sich erneut einer Untersuchung wegen des geringen Aussagewertes des Bildes unterziehen muß.

Bei dieser speziellen Funktionsuntersuchung ist die Zielaufnahme zusammen mit der Bildmitspeicherung lediglich eine Dokumentation, da eine Lumenschwankung der Trachea auf dem Monitorbild ausreichend abgelesen werden kann, und die Diagnose hier nicht auf feinsten Details beruht.

4.1.2. Ergebnisse bei der Untersuchung des Bronchialsystems

Die Anwendung der Fernseh-Einzelbildspeicherung hat sich bei der Bronchographie bewährt. Gerade bei dieser Untersuchung war der Patient bislang einer längeren Strahlenbelastung ausgesetzt.

Eine direkte Speicherbildwiedergabe ermöglicht jetzt ein Absuchen der einzelnen Bronchialverzweigungen, um die Frage nach Bronchiektasen oder unklare pulmonale Röntgenbefunde auf ihre Beziehung zu den Bronchialästen zu klären. Die fortgesetzte Strahlenbelastung, die bisher zur Erzeugung des Bildes nötig war, wird erheblich geringer. Auf dem Speicherbild kann man fragliche Bezirke der Zielaufnahme sofort nach pathologischen Veränderungen absuchen und den Befund, wenn nötig, durch weitere gezielte Übersichtsaufnahmen ergänzen.

Die Untersuchung und Diagnosestellung unter Verwendung der Einzelbildspeicherung ergab bei 12 untersuchten Patienten folgende Ergebnisse:

- a) In Ruhe können Feinheiten, wie ausreichende Bronchialfüllung, auffällige Bezirke, fehlende Bronchialdarstellung usw. beurteilt und nochmals gezielt aufgenommen werden.

- b) Die Untersuchungsdauer wird bei diesem Verfahren zwar nicht verkürzt, der Betrachter braucht nach wie vor die gleiche Zeit, sich zu orientieren, doch erreicht man eine erhebliche Reduzierung der Strahlenbelastung.
- c) Eine gewisse Einsparung an Zeit gelingt trotzdem, weil das Entwickeln der Übersichtsaufnahmen nicht mehr abgewartet werden muß, und der Patient früher aus der Röntgenabteilung entlassen werden kann.

Bei der Darstellung der Bronchialsysteme in Bild 1 und Bild 2 wurde ein besonderes Bronchographieverfahren angewandt. Zerstäubtes Kontrastmittel in Trockensubstanz wurde inhaliert. Dadurch konnte man verhindern, daß es zu einer Überfüllung der Alveolen und damit der Atemfläche kam.

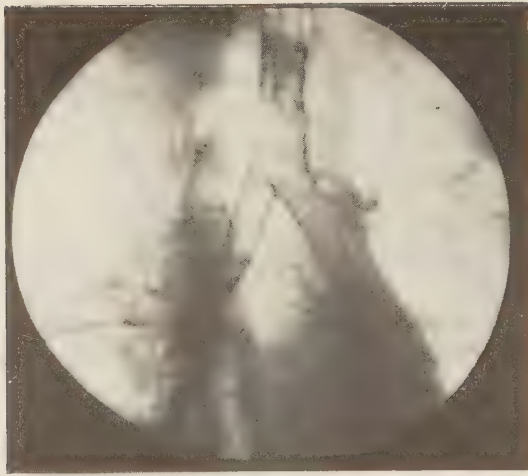


Bild 1: Fernsehspeicherbild einer Bronchographie

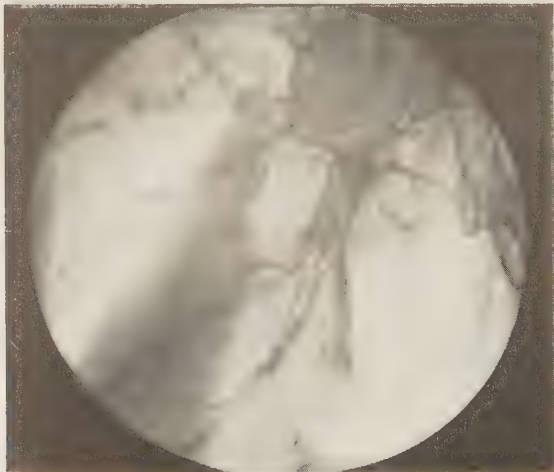


Bild 2: Fernsehspeicherbild des rechten Bronchialsystems. Es sind geringe bronchiektatische Veränderungen sichtbar. Für einen Tumor gibt es keinen Anhalt.

4.1.3. Ergebnisse bei der Untersuchung des Oesophagus

Die Kontrastmittelpassage durch den Oesophagus ist ein relativ rasch ablaufender Prozeß, und die Verweildauer des Kontrastmittels im Oesophagus ist so kurz, daß es bei den Zielaufnahmen manchmal Schwierigkeiten bereitet, die Speiseröhre in einer ausreichenden Füllung darzustellen. Für die Diagnostik ist es meist wünschenswert, den Oesophagus in verschiedenen Füllungszuständen zu erfassen, um ihn ausreichend beurteilen zu können.

Wir führten 37 Oesophagusuntersuchungen durch und stellten fest, daß bei dieser Untersuchung die Mitspeicherung von Zielaufnahmen eine besonders wertvolle Hilfe ist, da von dem Einführen der Kassette bis zur echten Aufnahmebereitschaft immer nur eine mehr oder weniger zeitlich stark verzögerte Aufnahme zustande kommt. Man ist sich nie sicher, ob der Oesophagus zum Zeitpunkt der Aufnahme ausreichend mit Kontrastmittel gefüllt und in der gesamten Länge dargestellt ist. Gerade flüchtige Veränderungen aber müssen im günstigen Augenblick festgehalten werden. Die Kontrolle dafür ist das Mitspeicherbild, auf dem die jeweilige Situation sofort wiedergegeben wird. Eine Aufnahme mit nicht ausreichender Information kann gleich wiederholt und erneut geprüft werden.

Bewährt hat sich die Mitspeichertechnik bei Füllungsdefekten, Verdacht auf Oesophagusvarizen, wandinfiltrierenden Prozessen und bei Hernien. Bei Stenosen und Spasmen ist die Mitspeicherung nicht so entscheidend, da diese Vorgänge naturgemäß eine verzögerte Passage des Kontrastmittels bedingen, und mit der

Zielaufnahme in den meisten Fällen zeitgerecht erfaßt werden.

Zum Nachweis und zur Dokumentation von Fremdkörpern im Oesophagus reicht eine fernsehtechnisch gespeicherte Zielaufnahme vollkommen aus, da sie alle Informationen, die zur Beurteilung wichtig sind, enthält, und auch die Bildgüte den gewünschten Anforderungen entspricht. Die Lokalisation des Fremdkörpers kann anhand der EBS-Aufnahme eindeutig festgestellt werden.



Bild 3

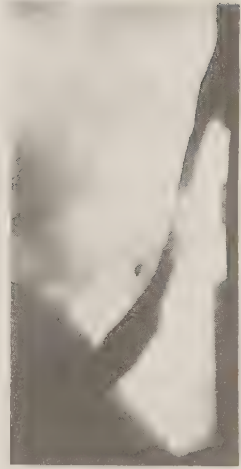


Bild 4

Fernsehspeicherbilder eines Oesophagus mit glatten Wandverhältnissen.

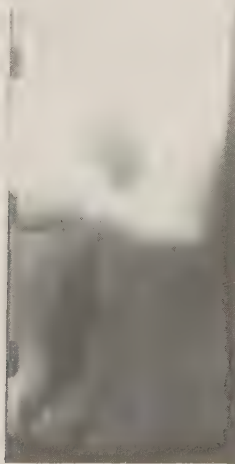


Bild 5

Fernsehspeicherbild eines Oesophagus in Kopftieflagerung bei Frage nach einer Gleithernie. Dargestellt ist eine epiphrenische Glocke.

Anmerkung: Bild 3,4,5, sind Mitspeicherungen von Direkt-
aufnahmen. Der Schatten am Bildrand kommt vom
Kassettenverschluß.

4.1.4. Ergebnisse bei der Untersuchung des Magen-Darm-Traktes

Für die klinische Diagnostik der Magen-Darm-Erkrankungen ist die Röntgenuntersuchung unerlässlich. Die Untersuchung von Magen und Darm erfordert sowohl eine Durchleuchtung als auch Zielaufnahmen. Durchleuchtungen ohne Zielaufnahmen sind unzureichend und können Ursache vieler Fehldiagnosen sein. Gerade die Güte und Information der Zielaufnahme ist für die Diagnostik entscheidend.

Wie bei allen schnellen Passagen des Kontrastmittels ist es auch bei der radiologischen Untersuchung des Magen-Darm-Traktes nicht einfach, immer im rechten Augenblick die Zielaufnahmen anzufertigen. Dann entstehen Bilder mit nicht ausreichendem Informationsgehalt, ohne daß der Untersucher vor Entwicklung der Röntgenbilder davon weiß. Bei der Magen-Darm Untersuchung ist dieser Zustand besonders problematisch.

Da ein relativ langer Weg des Kontrastmittels verfolgt werden muß, nimmt die Durchleuchtung bereits längere Zeit in Anspruch. Wenn das Ergebnis der unkontrollierbaren Zielaufnahmen, das ja erst am Ende der ganzen Untersuchung vorliegt, dann unbefriedigend ist, muß die Durchleuchtung von neuem begonnen werden.

Durch das EBS-System kann die Zielaufnahme, die sofort auf dem Bildschirm erscheint, beurteilt und wenn nötig, gleich anschließend wiederholt werden. Die Entwicklung des Bildes abzuwarten, entfällt.

Bei der Auswertung von 52 Magen-Darm-Untersuchungen mit dem EBS-System machten wir als wichtigstes Ergebnis die Feststellung, daß selbst erfahrene Radiologen die unmittelbare Bildwiedergabe der Zielaufnahme als eine wichtige Rückkoppelung der Zielaufnahmeinformation auf den weiteren Untersuchungsgang empfinden.

Die Bildqualität reichte immer aus, um über Gelingen oder Mißlingen der Zielaufnahme entscheiden zu können. Es ist nach unseren Erfahrungen sogar möglich, in den meisten Fällen (siehe 5.1.) der Magen-Darm-Untersuchungen bereits nach der Durchleuchtung und Betrachtung der fernsehtechnisch gespeicherten Zielaufnahme eine Diagnose zu stellen.

Das Magengrobrelief ist ausreichend beurteilbar. Die Qualität des gespeicherten Fernsehbildes reicht aus für das Studium der Magenkonturen bei Vollfüllung, das für die Diagnose krankhafter Zustände, insbesondere eines Ulkus oder Karzinoms von überragender Bedeutung ist. Nischen und Aussparungen werden deutlich abgebildet.

Beurteilungen des Feinreliefs läßt das Monitorbild infolge des hierbei mangelnden Auflösungsvermögens allerdings nicht mehr zu. Das Magenfeinrelief ist bisher nur mit Hilfe der Direktaufnahme zu gewinnen.

Die Bilder 6 bis 17 zeigen Beispiele von Magen-Darm-Untersuchungen, deren Zielaufnahmen fernsehtechnisch mit dem EBS-Verfahren festgehalten wurden.

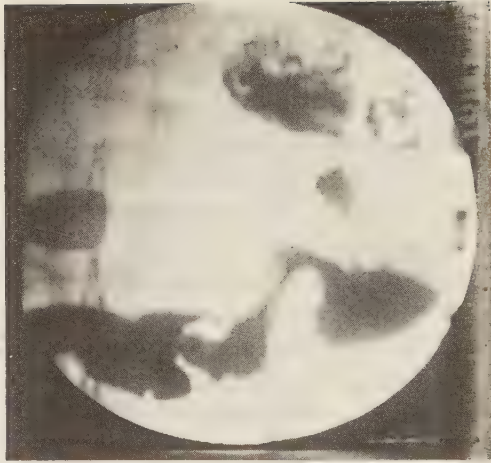


Bild 6: Fernsehspeicherbild eines Magens mit Ulcus ventriculi an der Minorseite



Bild 7: Fernsehspeicherbild eines Magens mit Entleerungsverzögerung. An der kleinen Kurvatur deutlich sichtbares Ulcus.



Bild 8: Fernseh-speicher-bild eines nach Billroth II operierten Magens

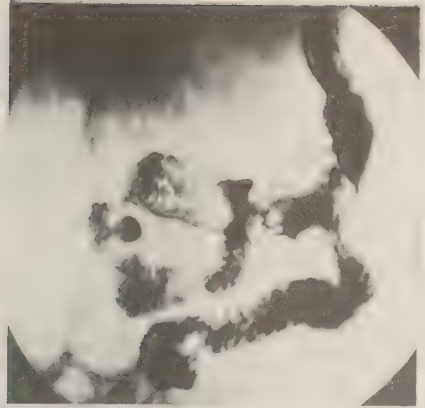


Bild 9: Fernseh-speicher-bild einer Doppelkontrastdarstellung von Magen und Duodenum mit Divertikel im mittleren Teil der C-Schlinge

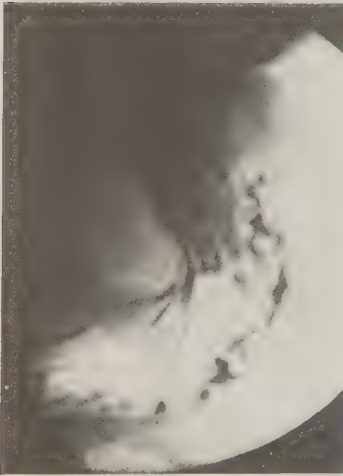


Bild 10



Bild 11

Fernseh-speicher-bilder mit Darstellung der Magenschleimhaut

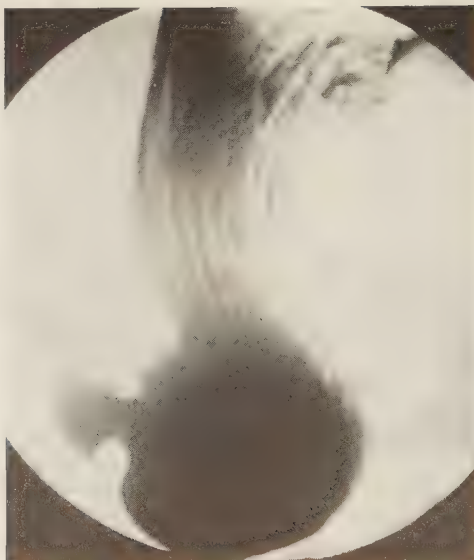


Bild 12: Fernsehspeicherbild eines Magens in Teil- und Vollfüllung ohne pathologischen Befund

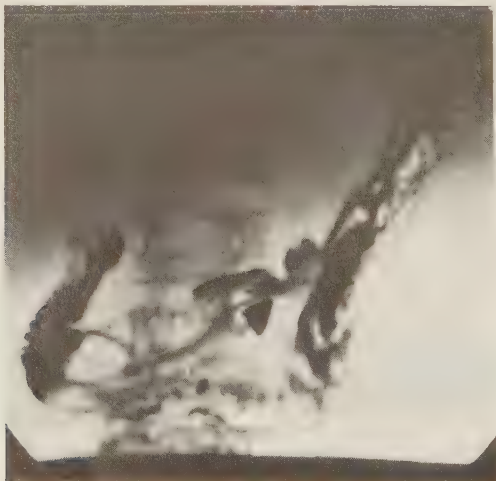


Bild 13: Fernsehspeicherbild der Doppelkontrastdarstellung eines Magens mit multiplen Ulcerationen



Bild 14:

Fernsehspeicherbild einer Zielaufnahme bei prall gefülltem Bulbus duodeni mit regelrechten Konturen. Die Phase der Vollfüllung ist zeitgerecht aufgezeichnet.



Bild 15:

Fernsehspeicherbild des Colon ascendens mit einem wandständigen Polypen in unmittelbarer Nachbarschaft einer Haustrierung



Bild 16:

Fernsehspeicherbild einer Direktaufnahme des Colon ascendens in Doppelkontrastdarstellung. Die rundliche Kontrastaussparung in der oberen Bildhälfte entspricht einem Skybalon.



Bild 17

Fernsehspeicherbild des Coecums in Doppelkontrast mit ileo-coecalem Übergang, terminalem Ileum, normal konfiguriertes Appendix

4.2. Die Mitspeicherung von Einzelbildern am angiographischen Arbeitsplatz

Die viszerale Angiographie ist in den letzten Jahren von einer ehemals ausgesprochenen Spezialuntersuchung, die nur großen Kliniken vorbehalten war, zu einer bedeutungsvollen Routineuntersuchung geworden. Als solche findet sie zunehmend Eingang auch in kleinere und kleinste diagnostische Zentren.

Bei der Anwendung der Fernseheinzelbild-Mitspeichertechnik versprochen wir uns gerade in der Angiographie große Vorteile. Wir gingen davon aus, eine Verbesserung im Sinne einer rationelleren Arbeitstechnik zu erreichen. Darüberhinaus erwarteten wir, daß sie wesentliche zusätzliche Informationen für die Diagnostik bringen müßte.

4.2.1. Die technische Entwicklung der Angiographie

Zieht man eine Bilanz der technischen Entwicklung, so hat sich bei der Aufnahmetechnik mit großformatigen Aufnahmen nicht viel geändert. Die Filmwechsler sind zwar leistungsfähiger geworden und weniger störanfällig, die Notwendigkeit des Austausches des Bildaufnahme-systems im Wechsel mit der Fernsehdurchleuchtung ist bis auf kleinformatige Aufnahmen aber immer noch erforderlich. Meist muß hierzu der Patient auf seiner Unterlage verschoben werden. Dieser Vorgang ist zeitraubend, für den Patienten unangenehm und bringt außerdem die Gefahr eines Verrutschens des Katheters mit sich. Dazu ist dieses Aufnahmeverfahren immer mit

einer umständlichen Lage- und Einstellungskontrolle des Aufnahme- bzw. Durchleuchtungsfeldes verbunden.

Ein Aufnahmeverfahren mit dem Röntgenbildverstärker und der dazugehörigen Speichertechnik ist mit diesem Mangel nicht behaftet. Hier sind Betrachtungs- und Aufnahmeeinheit in einem System vorhanden.

4.2.2. Die Indirektaufnahmetechnik vom Röntgenbildverstärker

Durch die Annäherung der Bildqualität der 70-mm bzw. 100-mm Indirektaufnahme an die der Filmfolienaufnahme können alle selektiven Angiographien, bei denen das Eingangsfeld des Röntgenbildverstärkers in den meisten Fällen ausreichend ist, auf 70-mm oder 100-mm Film als Serienaufnahme gemacht werden.

Die Qualität der indirekten Röntgenbildverstärker-aufnahmen auf 70-mm oder 100-mm Film ist durch die fortschreitende Entwicklung von hoch auflösenden Röntgenbildverstärkern an die der Folienaufnahme herangekommen. Die zugehörigen Modulationsübertragungsfunktionen als quantitative Bildqualitätsaus-sagen bringen dies klar zum Ausdruck.

Wird ein Röntgenbildverstärker mit einem Eingangsfeld von 25 cm benutzt, so kann in vielen Fällen der selektiven Angiographie auf das elektronenoptisch umschaltbare 15 cm Eingangsfeld übergegangen werden, wobei eine gute Erkennbarkeit feinsten Gefäße gewährleistet ist.

Die indirekten Serienaufnahmen vom Röntgenbildverstärker rationalisieren die selektive Angiographie.

Das Verschieben des Patienten aus dem Durchleuchtungsfeld zum Blattfilmwechsler mit zeitraubenden, immer erneut exakten Bildeinstellungen entfällt. Dadurch wird auch die Gefahr eines sich Verschiebens des Katheters wesentlich vermindert. Bei den Bildverstärkeraufnahmen fällt außerdem die erneute Filmeinlegung weg, die beim Blattfilmwechsler nach jeder Aufnahmeserie erforderlich war.

4.2.3. Technischer Vorgang der Mitspeicherung indirekter Serienaufnahmen in der Angiographie

Löst man die indirekte Serienaufnahme von Hand oder indirekt durch die Kontrastmittelspritze aus, schließt sich die motorische Irisblende zwischen Fernsehkamera und Röntgenbildverstärker. Diese Irisblende verringert den Lichtstrom, der von dem Röntgenbildverstärker durch den halbtransparenten Spiegel auf die Fernsehkamera fällt, während der Zeit, in der die Serienaufnahmen mit der 70 mm-Röntgenbildverstärkerkamera gemacht werden. Mit dieser können bis zu sechs Bilder pro Sekunde angefertigt werden. Diese maximal möglichen sechs Bilder werden durch die Mitspeicherungstechnik aufgezeichnet.

Während der Belichtung einer einzelnen solchen 70 mm-Serienaufnahme wird der abtastende Elektronenstrahl der Fernsehkamera unterbrochen. Es baut sich in dieser Zeit ein Ladungsbild auf der Fotohalbleiterschicht der Fernsehaufnahmeröhre auf. Nach Ablauf der Belichtungszeit einer Serienaufnahme wird das gespeicherte Ladungsbild abgetastet und als Fernseheinzelbild auf das sehr langsam transportierte Videoband des Bandspeichers aufgezeichnet.

Am Ende der ganzen Aufnahmeserie wird das Videoband gestoppt, und die einzelnen Serienaufnahmen können durch eine Wiedergabeautomatik oder von Hand auf dem Untersuchungsmonitor beliebig lange sofort wiedergegeben und betrachtet werden.

4.2.4. Die Summationsspeicherung in der Angiographie

Mit der Technik der Summationsspeicherung versuchen wir, flüchtige Probeinjektionen von kleinen Kontrastmittelmengen in Form eines einzelnen Fernsehspeicherbildes festzuhalten. Eine spezielle Videotechnik erlaubt es, einen Vorgang zu einem Bild zusammenzufassen. Wir nennen den Vorgang der Summierung von mehreren Einzelbildern Summationsspeicherung.

Technisches Prinzip:

Bei der Summationsspeicherung handelt es sich um eine zusätzliche Einrichtung, die hauptsächlich in den Fernsehteil der Röntgenfernsehkette integriert ist.* Mittels eines Fußschalters löst der Untersuchende während der Probeinjektion den automatischen Vorgang der Mitspeicherung aus. Die Irisblende schließt sich, während die Durchleuchtung eingeschaltet bleibt. Die Abtastung der Plumbicon-Fernsehaufnahmeröhre in der Fernsehkamera wird gesperrt. Das Durchleuchtungsbild der Probeinjektion wird dadurch als Ladungsbild auf der photoempfindlichen Halbleiterschicht des Plumbicon

* Die Einrichtung und Unterlagen für die Summationsspeicherung wurden uns in Form eines Labormusters von den Forschungslaboratorien Siemens, Erlangen, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

über die Zeit von 200 ms summiert, daher der Name Summationsspeicherung. Nach dieser Zeit wird das Ladungsbild als ein einzelnes Fernsehbild abgetastet und auf das stehende Band des Bandspeichers wiedergegeben (Abb. 14)

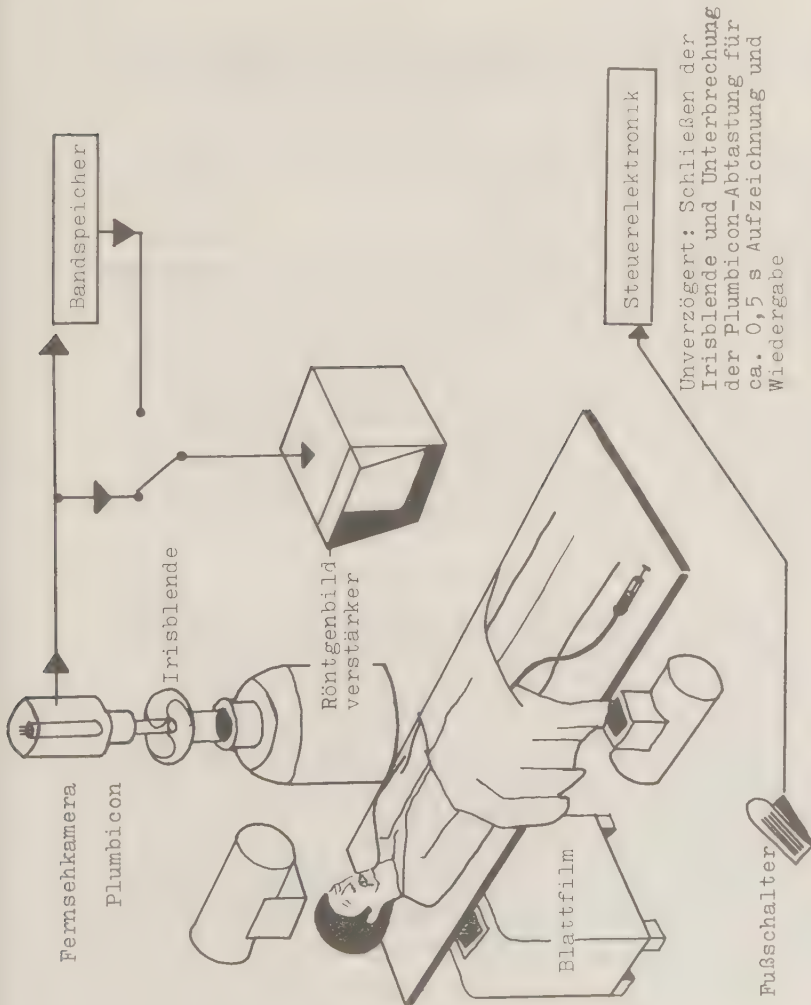


Abb. 14: Video-Summationsbild bei Probeinjektion nach HAENDLF.

4.2.5. Die Einzelbildspeicherung und Subtraktionsmethode in der Angiographie

Bei der Angiographie liegt die wichtigste Information im Verlauf des Kontrastmittels, also in der Darstellung von Gefäßen.

Durch das Verfahren der Subtraktion hat man die Möglichkeit, den normalen Bildinhalt zugunsten der mit Kontrastmittel gefüllten Gefäße zu unterdrücken.

Wir haben die Subtraktion versuchsweise auch mit dem EBS-System durchgeführt.

Die elektronische Subtraktion bei der Fernsehdurchleuchtung ist in der folgenden Skizze dargestellt.

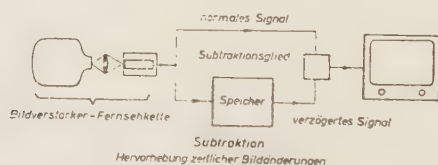


Abb. 15: Elektronische Subtraktion bei Fernsehdurchleuchtung nach GEBAUER, LISSNER, SCHOTT (7)

Aus dem normalen Videosignal und einem Videosignal, das über eine Speichereinrichtung um eine bestimmte Zeit verzögert worden ist, wird ein Differenzsignal gebildet. In diesem Differenzsignal sind alle Bildanteile eliminiert, die in der Verzögerungszeit konstant geblieben sind. Während der Verzögerungszeit eingetretene Veränderungen, Organ- oder Kontrastmittel-

bewegungen, werden im Subtraktionsbild, das die konstant gebliebenen Anteile nur noch andeutungsweise enthält, besonders deutlich erkennbar (GEBAUER, LISSNER, SCHOTT S. 85-86 (7)).

4.3. Ergebnisse bei der Mitspeicherung von Einzelbildern am angiographischen Arbeitsplatz

4.3.1. Mitspeicherungstechnik bei der Nierenangiographie

Zunächst haben wir die Mitspeicherungstechnik bei der selektiven Gefäßdarstellung der Nieren eingesetzt. Wir haben 30 Patienten untersucht und als erstes Ergebnis eine außerordentliche Verkürzung der Katheterverweildauer bzw. der Untersuchungsdauer erreicht.

Nach erfolgter angiographischer Darstellung einer Niere und der unmittelbaren Kontrolle des Gelingens der Aufnahme mittels Wiedergabe der gespeicherten Serienbilder konnte ohne Verzögerung und Umlagerung anschließend die andere Niere angiographiert werden.

Für eine selektive Darstellung beider Nieren benötigten wir als Katheterverweildauer beim herkömmlichen Verfahren durchschnittlich 27 Minuten. Bei der Technik mit Blattfilmwechsler errechnet sich die durchschnittliche Verweildauer des Katheters aus den Zeiten für die Durchleuchtung, Kathetereinführung, Umstellung von Durchleuchtung auf Aufnahmeposition und genaue Feldkontrolle. Hinzu kommen noch die Zeiten für das Herausnehmen der Filmkassette mit den belichteten Filmen aus dem Blattfilmwechsler, der Weg zur Dunkelkammer mit der Zeit für die Datenaufbelichtung und die Entwicklung in einer 90 Sekunden Maschine. Diese Zeit verdoppelt sich bei der üblichen selektiven Darstellung beider Nieren.

Das nachstehende Schema (Abb. 16) zeigt die Positionswechsel, die zu einer vollständigen Nierenangiographie mit Blattfilmwechsler notwendig sind.

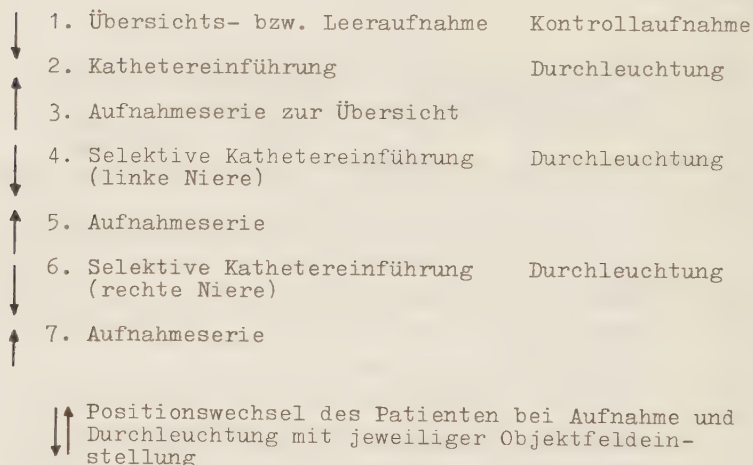


Abb. 16: Schematische Darstellung des Patienten-Positionswechsels bei einer Nierenangiographie mit Blattfilmwechsler

Bei der Bildverstärker-Aufnahmetechnik und der fernsehtechnischen Mitspeicherung erreichten wir eine Durchschnittsdauer von nur 9 Minuten. Diese Zeit setzt sich zusammen aus Durchleuchtungsdauer und Plazierung des Katheters in die linke bzw. rechte Nierenhauptarterie.

Bei der Benutzung der Bildverstärkertechnik und der fernsehtechnischen Mitspeicherung kann ohne Verzögerung innerhalb von wenigen Sekunden die gesamte Bildserie (bis 6 Bilder/sec) beurteilt werden.

Dabei ist für die Nierenangiographie wesentlich:

1. regelrechte Lage des Katheters
2. ausreichende Gabe von Kontrastmittel
3. genügender Bildausschnitt
4. weitgehende Sicherheit der Diagnose

Wie bedeutend und nützlich die Indirektaufnahme und Einzelbildspeicherung ist, hat sich bei der selektiven Nierenangiographie mehrfach bewiesen. Die folgenden Beispiele und Bilder mögen dies veranschaulichen.

In einem Fall war der Katheter selektiv kurz vor das Ostium eines Versorgungsastes der Nebenniere geführt worden. Die Nierenangiographie erfolgte an einem Arbeitsplatz, an dem keine Indirektaufnahmemöglichkeit vorhanden war. Der Patient mußte also von der Durchleuchtung zur Serienangiographie mit Blattfilmwechsler verlagert werden. Trotz der sorgfältigen Fixierung des Katheters verschob sich dieser mehrfach. Eine solche auftretende unkontrollierbare Verschiebung des Katheters kostet sehr viel Untersuchungszeit und Mehrarbeit. Die Katheterlage muß neu eingestellt werden und jedesmal hat man erneut die Entwicklung der Blattfilmserie abzuwarten.

Bei den indirekten Röntgenbildverstärkeraufnahmen kann die Katheterlage durch Mitbetrachtung der kurzzeitig dargestellten einzelnen Fernsehbilder und durch eine kurze Durchleuchtung nach der Injektion sofort kontrolliert werden. Die Möglichkeit, den Katheter bei schwie-

rigen selektiven Angiographien in der Durchleuchtung zu legen und ohne Verzögerung Röntgenserienaufnahmen zu machen, verkürzt die Untersuchungszeit erheblich. Das während der Durchleuchtung eingestellte Bildfeld bleibt erhalten. Eine fehlerhafte Bildeinstellung wird damit auf jeden Fall vermieden.

Bild 18 zeigt eine EBS-Aufnahme, die wir beim Indirekt-aufnahmeverfahren mit Einzelbildspeicherung gemacht haben. Hier wurde ein linkes Nebennierengefäß selektiv dargestellt. Die Katheterspitze verschloß das Gefäß fast vollständig. Deshalb konnte der Katheter nur vorsichtig mit seiner Lumenöffnung vor dem Gefäß platziert werden. Eine Verlagerung des Patienten zum Blattfilmwechsler wäre unmöglich gewesen, da der Katheter bei diesem Vorgehen immer wieder aus dem Gefäß herausgeglitten wäre.

In einer frühen Aufzweigung dieser Arterie sieht man einen kleinen Kontrastmittelfleck, der als arterio-venöser Shunt gedeutet wurde. Bei der nachfolgenden Operation wurde eine Hyperplasie der Nebennierenrinde festgestellt. Ein eigentlicher Tumor wurde histologisch nicht nachgewiesen.

Wir haben die Indirektaufnahmetechnik auch bei der Entnahme von Blutproben aus der Nierenvene zur Reninbestimmung angewandt. Die Nierenvenendarstellung dient hier weniger dazu, einen Nierenvenenverlauf abzubilden. Sie ist dabei lediglich ein Dokumentationsvorgang, um die Katheterlage ausreichend kontrollieren zu können. Wie Bild 19 zeigt, ist das Monitorbild dazu völlig ausreichend.

4.3.2. Ergebnisse bei der Summationsspeicherung

Die Summationsspeicherung mit kombiniertem ERS-Verfahren ist eine wesentliche Bereicherung der selektiven Angiographie, sowohl für den Untersuchungsvorgang als auch für die Diagnostik. Wir haben mit dieser Technik 27 selektive Angiographien durchgeführt und ausgewertet.

Bild 20 zeigt die ERS-Aufnahme bei der Summationspeicherung der selektiven angiographischen Darstellung einer linken Niere.

Es wurden für diese Aufnahme nur 3 ml Kontrastmittel injiziert. Im Gefäß verläuft der Kontrastmittelbolus zur Peripherie. Es werden bei der Summationsspeicherung gewissermaßen Momentaufnahmen des Kontrastmittelbolus in den einzelnen Gefäßabschnitten gemacht und zu einem Bild vereint.

Dadurch kann die Kontrastmittelmenge erheblich reduziert, aber trotzdem das gesamte Gefäßsystem ausreichend gefüllt werden. Für eine normale Einzelbildaufnahme, z.B. mit dem Blattfilmwechsler, erfordert die Gesamtdarstellung des Gefäßsystems der Niere bei der selektiven Angiographie mindestens 8-10 ml Kontrastmittel. Trotz geringer Kontrastmittelmengen läßt sich mit Hilfe der Summationsaufnahme der Gefäßverlauf auf dem Monitorbild ohne große Schwierigkeiten bis weit in die Peripherie hinein verfolgen. Man kann auf dem ERS-Bild das gesamte Gefäßbild betrachten und prüfen, ob alle Segmente der Niere vom Kontrastmittel erfaßt sind. Auch über folgende Kriterien gibt das Bild eindeutig Auskunft:

- richtige Plazierung des Katheters,
- Lage der Gefäße zum Nierenhohlssystem,
- Konturen der Parenchymphase, die ein Polgefäß ohne Schwierigkeit erkennen ließen.

4.3.3. Ergebnisse bei der Subtraktionsmethode

Die subtraktive Überlagerung eines Kontrastmittelgefüllten Gefäßsystems mit der aktuellen Durchleuchtung erleichtert das Einführen eines Katheters und vor allem seine richtige Plazierung.

Man kann sich zunächst auch eine Übersicht der Gefäßsituation verschaffen, z.B. durch eine kleine Kontrastmittelinjektion in die Lumbalaorta, und diese Situation speichern. Die für die Untersuchung wesentlichen Gefäßabgänge können dann leicht selektiv mit einem Katheter aufgesucht werden.

Diese Erfahrung machten wir bei 27 selektiven Nierenangiographien. Ein wesentliches Ergebnis erreichten wir durch die Subtraktionsmethode bei der Darstellung von Nierenzysten (Bild 23).

Es wird Kontrastmittel in die Nierenarterie über den selektiven Katheter injiziert. Diese Phase wird mit der Summationsspeicherung aufgenommen und subtraktiv mit der Parenchymphase überlagert.

Bei diesem Vorgehen ergibt sich das Phänomen, daß Parenchymdefekte plötzlich plastisch in Erscheinung treten, weil sie durch das restliche Parenchym scharf begrenzt werden, die Gefäße aber erst bei der Subtraktion den räumlichen Eindruck vermitteln. Durch diesen Effekt ist die Summationsspeicherung und die Subtraktion für die Darstellung von Zysten besonders geeignet.

4.2.4. Ergebnisse bei der Armphlebographie

Bei einer einfachen Armphlebographie ist die Frage nach einem Umgehungskreislauf oder einer Abflußbehinderung am häufigsten.

Aufgrund der Erfahrungen bei 25 Armphlebographien, die sowohl mit der Direkt- als auch mit der Indirekt-aufnahmetechnik vorgenommen wurden, hat sich ergeben, daß man aus der unmittelbar gespeicherten Indirekt-aufnahme ohne weiteres die gesamte, für eine Diagnostik wichtige Information entnehmen kann.

Die wesentlichen Vorteile der Indirektaufnahmemethode und ihrer sofortigen fernsehtechnischen Mitspeicherung sind hier die gleichen, die bei der Nierenangiographie beschrieben wurden.

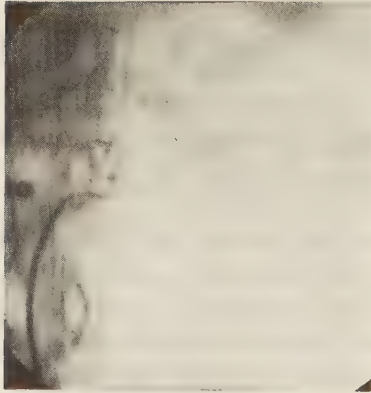


Bild 18: Fernsehspeicherbild der selektiven Darstellung eines kleinen Nebennierenastes. Kontrastmittel-extravasat an der Gefäßkrümmung

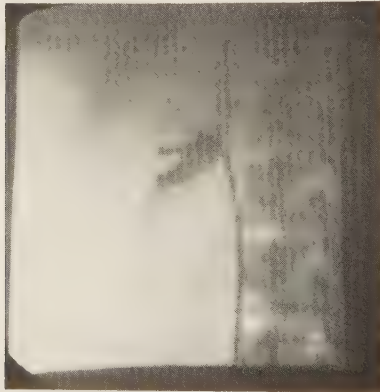


Bild 19: Fernsehspeicherbild einer selektiven Nierenvenendarstellung



Bild 20: Fernsehspeicherbild aus einer Serie, arterielle Phase bei selektiver Angiographie einer linken Niere

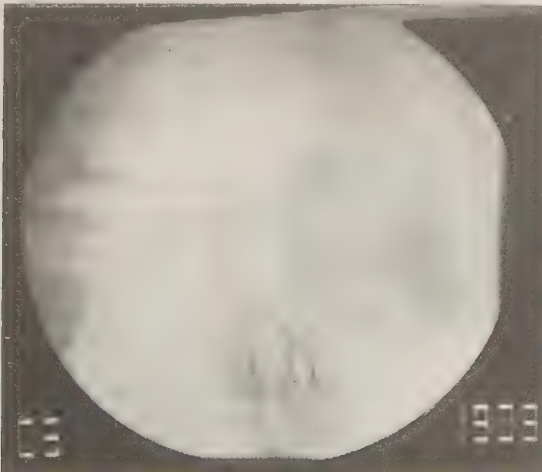


Bild 21: Fernsehspeicherbild bei selektiver Darstellung einer unteren Polararterie

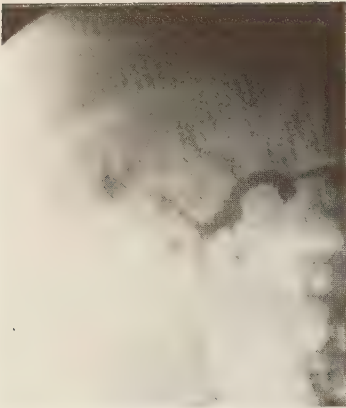


Bild 22:
Fernsehspeicherbild bei selektiver Nierenangiographie. Arterio-venöse Shunts, die auf das operativ bestätigte Nierenkarzinom hinweisen.

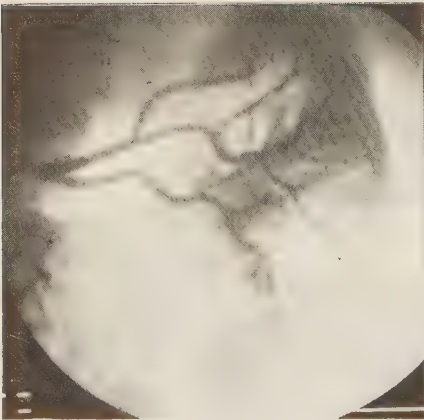


Bild 23:
Fernsehspeicherbild der arteriellen Phase einer selektiven Nierenangiographie. Dargestellt ist die frühe Aufzweigung der Nierenhauptarterie.

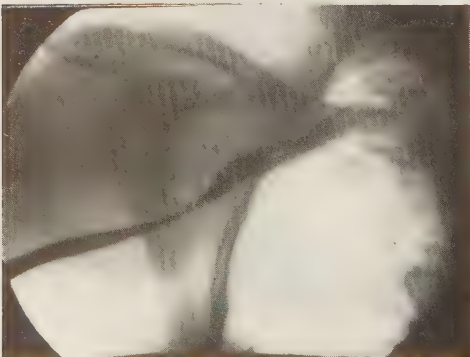


Bild 24:
Fernsehspeicherbild einer Armphlebographie rechts mit regelrechtem Kontrastmittelabfluß

4.4. Ergebnisse bei der Mitspeicherung von Lymphographien.

Aufgrund der Vorteile, die sich aus der Indirektaufnahme und ihrer sofortigen Speicher- und Wiedergabemöglichkeit in der Angiographie ergaben, testeten wir die Verwendung dieser Methode auch bei der Darstellung des Lymphgefäßsystemes und führten dazu 15 Lymphographien durch.

4.4.1. Durchführung der Lymphographie unter Röntgenkontrolle

Die periphere Lymphographie bedarf in jedem Falle einer Röntgenkontrolle, da die Kontrastmittelmenge und die Geschwindigkeit der Infusion den individuellen Gegebenheiten angepaßt werden müssen.

Die erste Kontrolle dient der Feststellung der korrekten Nadellage im Lymphgefäß, da bei der Präparation oft nicht eindeutig zwischen Lymphgefäß und Vene unterschieden werden kann. Öliges Kontrastmittel bedeutet aber im venösen System eine erhebliche Emboliegefahr für die Lunge. Die Kontrolle erfolgte bisher mit Hilfe einer Röntgenaufnahme.

Wir setzten dazu die Durchleuchtung und die Dokumentation durch Mitspeicherung von Indirektaufnahmen oder Summationsbildern ein. Die Durchleuchtungszeit kann mit der Mitspeicherung extrem niedrig gehalten werden. Auf dem Monitorbild ist eine Unterscheidung zwischen Lymphgefäß und Vene ohne weiteres möglich, weil das Kontrastmittel, da es fettlöslich ist, im Blut Tropfen bildet. Wir stellten fest, daß sich mit der Mitspeicherung der Kontrastmittelabstrom über die Lymphbahnen gut

beurteilen läßt, was zur Vermeidung von Kontrastmittelextravasaten, die außerordentlich ausgedehnt sein können, von wesentlicher Bedeutung ist.

Ebenso ist ein dermal-back-flow am Monitorbild rasch nachzuweisen; der weitere Zustrom von Kontrastmittel kann sofort unterbunden werden. Ein zu großes Kontrastmittelangebot bei einem solchen pathologischen Geschehen stellt ein zusätzliches Hindernis für die Lymphe dar und kann ein Ödem verstärken.

Die Fernsehqualität reicht völlig aus, um Lymphknotenvergrößerungen zu erkennen, die ein größeres Kontrastmittelangebot erforderlich machen. Wenn man Röntgenaufnahmen nur nach Abschluß der Kontrastmittelgabe anfertigt könnten diagnostisch wertvolle Phasen des Kontrastmittelverlaufes in den Lymphgefäßen abgelaufen sein und wären damit dem diagnostischen Zugriff entzogen. Hier ist als Beispiel in erster Linie die lympho-venöse Fistel zu nennen.

Die für den Patienten wichtigste Schutzmaßnahme ist die Anpassung der Kontrastmittelmenge an die Situation der Lymphgefäße und Lymphknoten. Bei fehlenden Lymphknoten, z.B. nach Bestrahlung oder Exstirpation, kann bei ausbleibender Röntgenkontrolle die Lunge mit einer Mikroembolisation des Kontrastmittels so erheblich belastet werden, daß eine akute Gefahr für den Patienten besteht. Die Füllung des ductus thoracicus kann dabei als Kriterium angesehen werden. Wird seine Füllung erreicht, so dürfen nur mehr geringe Mengen Kontrastmittel appliziert werden.

4.4.2. Vorteile der Subtraktions- und Einzelbildspeichertechnik bei Lymphographien

Bisher hat man bei Lymphographien zur Beurteilung des Lymphabflusses Abdomenübersichtsaufnahmen angefertigt, bevor Routineaufnahmen in verschiedenen Höhen der Kontrastmittelpassage durchgeführt wurden.

Die Lymphographie kann durch die Mitspeicherung rationalisiert und somit für die Diagnosestellung optimiert werden. Hierbei ist die Subtraktionstechnik von wesentlicher Bedeutung, da der Abstrom des Kontrastmittels zum Herzen ein sehr langsamer, meist Stunden dauernder Vorgang ist.

Hat man eine gespeicherte Aufnahme, so kann man z.B. nach einer Viertelstunde die Kontrastmittelsituation mit einer Subtraktionsaufnahme oder Subtraktionsdurchleuchtung exakt vergleichen und die in der Zeiteinheit zurückgelegte Lymphstrecke mit Hilfe eines Meßstabes unter Umständen sogar quantitativ erfassen. Auf diesem Wege könnte man bei lymphatischen Dysplasien aus der Strömungsgeschwindigkeit Rückschlüsse auf den funktionellen Grad der Veränderung ziehen.

Abschließend ist zu bemerken, daß für eine endgültige Diagnosestellung bei Lymphographien die Übersichtsaufnahmen wie bisher erforderlich sind.

Voraussetzung für eine gute Direktaufnahme aber kann künftig die Fernsehkontrolle des funktionellen Geschehens sein, weil dabei der beste Zeitpunkt für die Anfertigung der Übersichtsaufnahme ausgewählt wird.

Bei unseren Untersuchungen hat sich gezeigt, daß neben dem Ergebnis einer guten Übersichtsaufnahme durch die

Fernsehkontrolle und die Mitspeicherung Kontrastmittelkomplikationen vermieden werden, was besonders zum Schutz des Patienten beiträgt.

In zwei Fällen konnten durch obiges Verfahren venöse Kontrastmittelfehlinjektionen frühzeitig aufgedeckt und bei drei Patienten Injektionen ins Gewebe des Fußrückens rechtzeitig nachgewiesen werden.

Die Bilder 25 bis 28 zeigen inguinale und iliacaale Lymphknoten mit guter Füllung, wie sie mit EBS-Technik dargestellt werden. Zum Qualitätsvergleich sind die selben Bilder in der Vergrößerung einer 70 mm-Aufnahme abgebildet.



Bild 25: Fernspeicherbild einer Lymphographie, Darstellung der inguinalen Lymphknoten (Aufnahme mit Polaroidkamera)



Bild 26: Aufnahmesituation wie Bild 25, zum Vergleich Vergrößerung einer 70 mm-Aufnahme

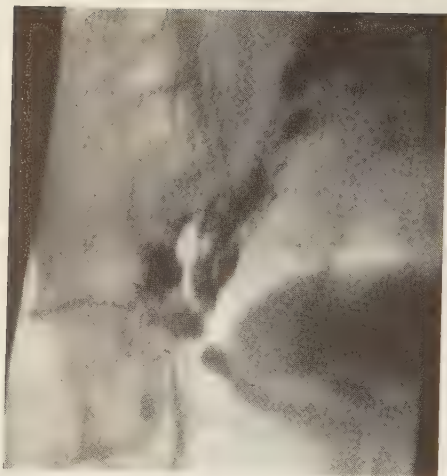


Bild 27:
Fernsehspeicherbild ilia-
caler Lymphknoten bei Ver-
dacht auf M. Hodgkin
(Polaroidkamera)



Bild 28:
Gleicher Patient wie Bild 27
Vergrößerung einer 70 mm-
Aufnahme zum Vergleich

4.5. Fotografische Bildaufzeichnung des Monitorbildes zur Dokumentation des gespeicherten Einzelbildes

Das auf dem Bandspeicher festgehaltene Einzelbild hat den Nachteil, daß es nur auf Monitoren sichtbar gemacht werden kann, die durch Kabel mit dem Speichergerät verbunden sind und das Videosignal so empfangen können. Nicht jeder Arzt, der Informationen über das Röntgenbild seines Patienten benötigt, sei es auf der Pflegestation des Krankenhauses oder in der Praxis des überweisenden Arztes, ist an das Verteilungssystem der Videosignale aus der Röntgenabteilung angeschlossen. Eine Möglichkeit, auch diesem Personenkreis die Röntgenbildinformation mitzuteilen, ist das Übertragen der Bilder vom Bandspeicher, bzw. Monitor, auf Filmmaterial und dessen fotografische Weiterverarbeitung.

Wir haben die Bilder mit einer leistungsfähigen Spiegelreflexkamera und einer Polaroidkamera angefertigt und eine Aufnahmeeinheit erprobt, mit der es möglich ist, ohne großen Zeitaufwand Monitorbilder abzufotografieren.

4.5.1. Bildaufzeichnung im Kinoformat

Die Spiegelreflexkamera wird in einer solchen Entfernung vor der Bildscheibe des Monitors auf einem Stativ angebracht, daß gerade das gesamte Bild im Sucher der Kamera erscheint. Der Raum, in dem die Aufnahme gemacht wird, muß zur Vermeidung von Streu- und Reflexlicht abgedunkelt sein. Bei diesem Aufnahmeverfahren besteht die Möglichkeit, am Monitor Kontrast und Helligkeit so lange zu regulieren, bis man ein optimales Fernsehbild eingestellt hat (siehe 3.1.3.). Mit einem Belichtungsmesser läßt sich die richtige

Einstellung von Blende und Belichtungszeit gut ermitteln.

Günstige Werte bringen Messungen in kurzem Abstand über den wichtigen Punktanteilen. Eine optimale Belichtung dieser Bildstrukturen kann durch die Punktmessung mit kleinem Meßwinkel erreicht werden. Bei diesem Vorgehen kann auch der hellste und dunkelste informationswichtige Bildbezirk verglichen werden, so daß sich die Belichtungszeit optimal anpassen läßt.

Die Wiedergabe von wenigen, großen Kontrasten bereitet keine Schwierigkeiten. Dagegen ist die Wiedergabe feiner Strukturen und zarter Grautöne problematisch, wenn sie in gegenseitiger Nachbarschaft auftreten. Diese Einflüsse des Bildinhaltes sind bei der Anfertigung einer Fotografie zu berücksichtigen, wenn das Diapositiv ausreichend informativ sein soll.
(DEININGER, v. BARTH, 5)

Für Reproduktionen vom Fernsehmonitor machten wir allgemein die Erfahrung, daß sie weich und etwas weniger brillant sind; außerdem zeigen sie eine mäßige Unschärfe, die durch den Zeilenaufbau des Fernsehbildes verursacht wird. Dennoch ist bei den meisten Aufnahmen die Detailerkennbarkeit für eine Dokumentation ausreichend.

Außerdem bringt die Fotografie der gespeicherten Einzelbilddaufnahme noch andere Vorteile mit sich:

- a) Mit Hilfe der Diapositive wird es möglich, durch deren Projektion einem größeren Zuschauerkreis, z.B. im Hörsaal, unabhängig also vom Ort der Durchleuchtung oder einem Monitor, die Bildinformation zu zeigen.

b) Von einem Negativfilm lassen sich beliebig viele Papierbilder in unterschiedlichen Größen herstellen. Günstig ist dabei, daß aufhaltende Vorbereitungen, wie das Einlegen der Filme in Diarahmen und technische Zusatzgeräte, die zum Betrachten der Dias nötig sind, entfallen, und sich der Betrachter sofort der Beurteilung der Bilder zuwenden kann.

4.5.2. Bildaufzeichnung mit Polaroidsystem

Die Aufnahme mit einer Polaroidkamera bietet einen weiteren Vorteil. Durch die Sofortentwicklung des Bildes kann man an Ort und Stelle in Kürze die Fotografie der gespeicherten Zielaufnahme betrachten. Innerhalb weniger Sekunden ist die Information des Fernsehbildes auf ein Papierbild in ausreichender Bildgüte übertragen und kann z.B. dem Patienten gleich auf die Station mitgegeben, seinem Hausarzt zugeschickt oder zur Archivierung abgelegt werden.

4.5.3. Bildaufzeichnung mit einer Aufnahmeeinheit (AE)

Bei einer Aufnahmeeinheit ist das Abfotografieren der Zielaufnahme mit Kleinbild- und Polaroidkamera in einem System und durch weitgehend automatische Helligkeits- und Kontrastregelung möglich. Den Anforderungen entsprechend können Bilder ohne zeitlichen Aufwand wahlweise mit der Spiegelreflex- oder Polaroidkamera einzeln angefertigt werden.

Bei der Testung des EBS-Systems sollte auch die Aufnahmeeinheit auf die Anforderungen der Routinediagnostik untersucht werden.

Die Aufnahmeeinheit wurde von den Forschungslaboratorien SIEMENS, Erlangen, als Labormuster angefertigt und uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Das folgende Bild zeigt ein Schema dieser Anlage.

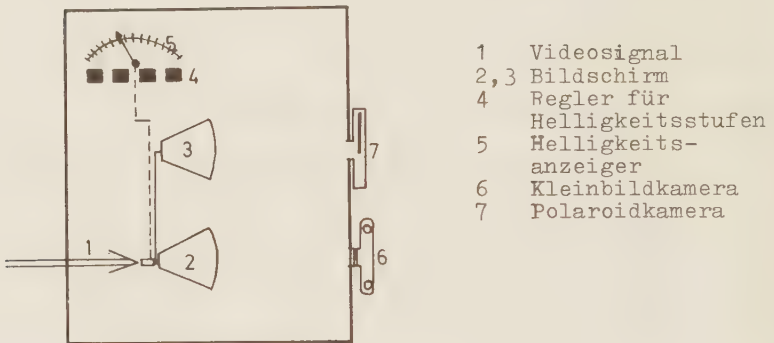


Abb. 17: Schematische Darstellung einer Aufnahmeeinheit

Technik der Aufnahmeeinheit (AE) und Erfahrungen

Das Videosignal wird über ein Kabel vom Bandspeicher zur Aufnahmeeinheit übertragen und nach einer automatischen Helligkeitsmessung und Kontrasteinstellung als Bild wiedergegeben.

Bei der AE ergaben sich zunächst Probleme mit einer einheitlichen Belichtung.

Das ankommende Videosignal besteht aus einer Folge von verschiedenen Spannungen. Der Spitzenwert, den das Signal eingibt, wird bei der Umwandlung in ein Bild automatisch auf einen obersten Weißwert angehoben

und erscheint als lichtstärkster Bezirk auf der Mattscheibe.

Das hat zur Folge, daß die lichtstärksten Punkte der Zielaufnahme mit der größtmöglichen Helligkeit wiedergegeben werden und gut von allen anderen Helligkeitsstufen abgrenzbar sind.

Bei Bildern mit sehr starken Helligkeitsunterschieden, bei denen gerade unwesentliche Informationen in hellen Bezirken liegen, die für eine Diagnose wichtige Information aber im dunkleren Bereich, erscheint dieser diagnostisch wesentliche Teil als schwer differenzierbare graue Fläche mit geringer Detailerkennbarkeit auf dem Bildschirm.

Deswegen wurden viele Fotografien entweder zu dunkel oder überbelichtet, besonders dann, wenn die Zielaufnahme überstrahlte Stellen enthielt, die eigentliche Röntgenbildinformation aber in geringen Helligkeitsbereichen lag.

In einer Versuchsreihe von 80 Bildern zeigte es sich als notwendig, Kontrast- und Helligkeitsregelung immer neu zu variieren, da die Aufnahmen zu kontrastarm waren. Die unterschiedliche Kontrastierung war vor allem bei von einander verschiedenen Untersuchungen (z.B. Thoraxübersichtsaufnahmen, Nierenangiographien, Kontrastmitteldarstellung von Magen und Colon) auffällig.

Da die AE nach unserer Meinung wesentliche Vorteile bringt (siehe unten), erscheint es sinnvoll, noch folgende Kriterien zu prüfen:

1. Die automatische Spitzenwertregelung in der AE sollte versuchsweise in eine Mittelwertregelung abgeändert werden und die Helligkeitsstufenverteilung des Bildes

nach dieser Messung ausgerichtet. Damit müßte man erreichen, daß sich auch bei überstrahlten Bildpunkten dunklere Bezirke in besser beurteilbaren Helligkeitsstufen darstellen und die Detailerkennbarkeit auch dort zunimmt.

2. Ein Sichtgerät an der Frontseite der AE soll eine sofortige Kontrolle über die Qualität der Bilder ermöglichen. Dann kann die Kontrastregelung optimal kontrolliert und gegebenenfalls eine manuelle Korrektur vorgenommen werden.

Die Übertragung der Zielaufnahmen mittels Fernsehen hat den Vorteil, nicht ortsgebunden zu sein. So kann auch die AE, nur über ein Kabel mit dem Bandspeicher verbunden, entfernt vom Durchleuchtungsarbeitsplatz aufgestellt werden.

Der Raum, in dem fotografiert wird, braucht nicht mehr abgedunkelt zu sein, das Abfotografieren der gespeicherten Einzelaufnahmen geht rasch mittels Knopfdruck, der Filmtransport erfolgt automatisch.

Erste Bildinformationen aus der Polaroidkamera können dem Patienten sogleich mitgegeben und dem behandelnden Arzt zu einer vorläufigen Orientierung vorgelegt werden.

4.6. Die Archivierung gespeicherter Einzelbilder

Sämtliche bewegte Szenen einer Durchleuchtung auf Band aufzunehmen und zu archivieren ist unrationell, zumal oft schon eine gespeicherte Zielaufnahme ausreichend wäre, einen Befund zu dokumentieren. Der Speicherkapazität der Bänder sind zudem enge Grenzen gesetzt. Hier zeigt sich ein neuer Vorteil der Einzelbildspeichermethode. Sofort nach dem Auslösen der Aufnahme wird nicht nur über deren Gelingen entschieden, sondern ohne zusätzlichen Arbeits- oder Zeitaufwand hat man das Bild bereits auf Magnetband gespeichert.

Auf meist einem Band können pro Jahr die gesamten Zielaufnahmen einer Klinik festgehalten werden. Die Archivierung aller bewegten Szenen auf Band ist finanziell viel zu aufwendig, und die Aufbewahrung der Bänder bringt enorme räumliche Probleme mit sich. Bei der EBS ist die zusätzliche Kostenfrage zu vernachlässigen und eine Archivierung möglich geworden. Die Weitergabe der Information eines Einzelbildes vom Bandspeicher stellt keine besonderen Probleme dar. Eine Polaroid- oder Kleinbildaufnahme des Monitorbildes gibt die Details ausreichend wieder.

Um später die von einem Patienten gespeicherten Bilder schnell und richtig vom Magnetband wieder auffinden zu können, ist eine Identifizierungsmöglichkeit der Zielaufnahme von großer Wichtigkeit.

Es bedarf einer Methode, mit der man während der Untersuchung Patientendaten in das Bild eingeben kann, die auf dem Band mitgespeichert werden. Zur Zeit wird das Datum des Untersuchungstages und für jeden Patienten durch Auslösen eines elektronischen Zählwerkes eine

fortlaufende Zahl am unteren Rand des Bildes mit aufgezeichnet.



Bild 29: Beispiel zur Patientenidentifikation
links unten: fortlaufende Patientenzahl
rechts unten: Tag und Monat der Untersuchung

Diese Identifikationsmöglichkeit ist noch nicht als optimal anzusehen. Es muß nämlich bei dieser Methode zusätzlich eine Liste angelegt werden, in der genau namentlich die Reihenfolge der am Tag untersuchten Patienten festgehalten ist. Dazu wird die entsprechende Stelle auf dem Band in Form einer Nummer vermerkt.

Besser wäre es, man würde zum Untersuchungsdatum eine eigene Patientennummer eingeben, die für jeden Patienten aus verwaltungstechnischen Gründen in Krankenhäu-

sern und Diagnostikzentren eingeführt ist. Der Abruf der entsprechenden Bandstelle sollte gleichfalls mit der Eingabe der Patientennummer in den Bandspeicher automatisch möglich sein.

Unter diesen Voraussetzungen wäre der Einzelbildspeicher eine kosten- und raumsparende Einrichtung zur Archivierung von Zielaufnahmen und wenn nötig, zugleich auch von gespeicherten Bewegungsabläufen.

DISKUSSION

5.1. Die diagnostische Treffsicherheit der Durchleuchtung bei fernsehtechnischer Einzelbildspeicherung der Zielaufnahme

Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, daß die fernsehtechnische Einzelbildspeicherung wesentliche Vorteile für den Untersuchungsablauf bringt. Eine Durchleuchtung kann durch die Rückkoppelung der Zielaufnahmeinformation effektiver und mit einer zusätzlichen diagnostischen Sicherheit gestaltet werden.

Man könnte die Zeit einer Röntgenuntersuchung deutlich verkürzen und außerdem Fotomaterial einsparen, wenn eine gespeicherte Zielaufnahme ein herkömmliches Röntgenbild ganz ersetzte. Aus dieser Überlegung stellt sich die Frage, inwieweit die mit dem EBS-System gespeicherten Bilder mit der Detailerkennbarkeit einer Direktaufnahme übereinstimmen und damit für eine Diagnose uneingeschränkt ausreichend sind.

Zur Klärung dieser Frage wurde bei insgesamt 261 Untersuchungen die vorläufige Diagnose aus der Durchleuchtung und der gespeicherten Zielaufnahme mit der endgültigen Diagnosestellung, die sich aus Durchleuchtung, Direktaufnahme und Speicherbild zusammensetzt, verglichen.

Eine Unterteilung des Untersuchungsmaterials in Diagnose nur nach Durchleuchtung und Direktaufnahme, also ohne sofortige Zielaufnahmekontrolle über den Monitor, war nicht möglich, und hätte dem sinnvollen Einsatz

des Einzelbildspeichers nicht entsprochen.

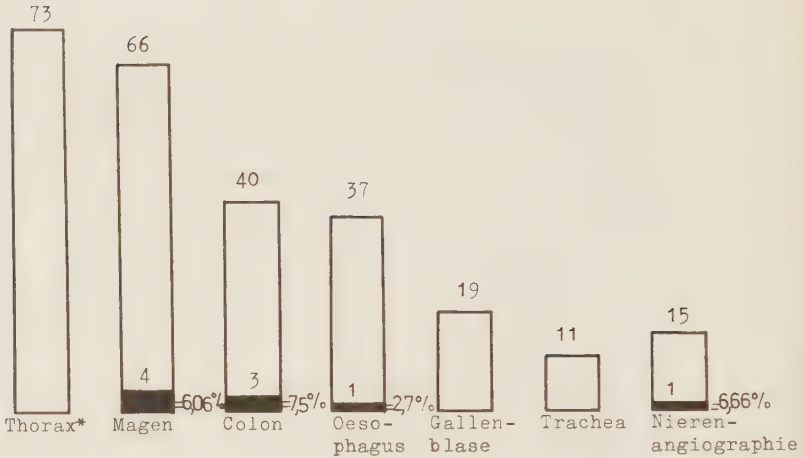
An der Untersuchung waren insgesamt vier Radiologen beteiligt, auf die sich die Auswertung der Aufnahmen annähernd gleichmäßig verteilte.

Die vorläufige Diagnose wurde von den Untersuchern schriftlich vor Beurteilung der Direktaufnahmen festgehalten und später mit der endgültigen Diagnose verglichen.

Die Untersuchungen setzten sich zusammen aus:

Thoraxdurchleuchtung zum		
Nachweis eines Ergusses	73	27,96 %
Trachealserien	11	4,21 %
Oesophagusbreischluck	37	14,18 %
Magen-Darm-Passage	66	25,29 %
Colonkontrastdarstellung	40	15,33 %
Cholangio-Cholecystographie	19	7,28 %
selektiver Nierenangiographie	15	5,75 %
	261	100,00 %

Tabelle über die durchgeführten Untersuchungen mit Angabe der prozentualen Verteilung



* zum Nachweis von Ergüssen

-  = Diagnose nach Durchleuchtung und EBS-Aufnahme stimmt mit der Diagnose nach Durchleuchtung und Direktaufnahme überein
-  = keine eindeutige Diagnosestellung nach Durchleuchtung und EBS-Zielaufnahme möglich

Abb. 21: Graphische Darstellung sicherer Diagnosestellungen und diagnostischer Zweifelsfälle bei der Fernseheinzelbildspeicherung

Nach unseren Untersuchungsergebnissen läßt sich die Diagnose bei den oben angeführten Untersuchungen schon in etwa 95 % allein aus Durchleuchtung (DL) und gespeicherter Einzelaufnahme stellen.

5.2. Beurteilung der Bildqualität einer fernsehtechnisch gespeicherten Zielaufnahme (Kriterien für die Diagnostik)

Zur Feststellung der Information und damit der Qualität eines gespeicherten Fernsehbildes muß man die Ergebnisse über die Treffsicherheit der vorläufigen Diagnoststellung bei der Durchleuchtung mit der Mitspeicherung des Einzelbildes und der endgültigen Beurteilung nach Einsicht der Direktaufnahmen heranziehen und miteinander vergleichen.

Die Beurteilung der Qualität eines Bildes und dessen Bewertung mit einem objektiven Maßstab ist außerordentlich schwierig, da bei der Betrachtung subjektive Gesichtspunkte eine große Rolle spielen. Verschiedene Autoren haben sich mit der Aufgabe beschäftigt, für Fernsehbilder einen solchen Maßstab zu finden (BELOW, KROEBEL, SPRINGER (1); KROEBEL, ARP, BAUMEISTER (12)).

Bei einem Röntgenbild, das sich aus einer Anzahl von Details zusammensetzt, ist es notwendig, wesentliche, also pathologische Strukturen, von unwesentlichen, nicht pathologischen Strukturen, zu unterscheiden, und das Röntgenbild dahingehend zu beurteilen, wieviel Details es über die pathologischen Erscheinungen enthält und welchen Kontrast die Details besitzen. Somit wird der eigentliche Wert eines Röntgenbildes meist nur nach dem Empfinden des Radiologen beurteilt werden können. (PFEIFFER, 15)

Diese Beobachtung machten wir auch bei der Auswertung der EBS-Aufnahmen.

Da von der Bildverstärker-Fernseheinrichtung zum Band-speicher eine Reihe von Übertragungsgliedern dazwischen-

geschaltet ist, und jedes Übertragungsglied die Qualität des Bildes leicht mindert, ist es verständlich, daß die Bildgüte der Bandspeicheraufnahme hinter der einer Direktaufnahme zurücksteht.

Anders ist der Unterschied zwischen Durchleuchtungsbild und gespeicherter Zielaufnahme. Eine Reihe solcher Bildvergleiche hat gezeigt, daß die gespeicherte Zielaufnahme gegenüber dem Durchleuchtungsbild eine wesentlich bessere Bildqualität hat. Sie wird dadurch erreicht, daß die für eine Zielaufnahme nötige Bilddosis wesentlich höher liegt als die einer Durchleuchtung.

Bei den zu der vorliegenden Untersuchungsreihe notwendigen Bildvergleichen machten wir folgende Beobachtung:

T h o r a x :

Wir haben die EBS-Methode bei der Thoraxdurchleuchtung nur zum Nachweis von Ergüssen eingesetzt. Frühere eigene Erfahrungen und die bekannte Schwierigkeit der Wiedergabe von Lungeneinzelheiten auf dem Fernsehbild haben gezeigt, daß die Einzelbildspeicherung nicht geeignet ist, sonstige Zielaufnahmen des Thorax mit den gewünschten Details wiederzugeben.

Für die Routinediagnostik hat sich die EBS dennoch bewährt, da sie zur Klärung eines Ergusses vollkommen ausreicht.

Bei der täglichen Routine der Thoraxdurchleuchtung ist eine der häufigsten diagnostischen Fragen: Besteht bei der vorliegenden Verschattung des lateralen oder dorsalen Sinus eine Ergußbildung oder ist es bereits eine Schwarte. Die Klärung bringt die Durchleuchtung in Seitenlage mit einem entsprechend manövrierbaren Durchleuchtungsgerät, bei dem in Seitenlage in posterior-anteriorem Strahlengang durchleuchtet werden kann. Die Dokumentation des Flüssigkeitsspiegels bei Seiten-

lage entlang der lateralen Thoraxwand erlaubt dann zweifelsfrei die Diagnose.

Die Qualität der EBS-Aufnahme ist dazu völlig ausreichend. Bei 73 untersuchten Patienten mit fraglichem Erguß konnte die Diagnose sofort nach Durchleuchtung und Betrachten der EBS-Aufnahme gestellt werden. Die Direktaufnahme erbrachte keine zusätzlichen Erkenntnisse.

M a g e n - C o l o n

Bei den Magen-Darm-Untersuchungen waren die Lage- und Wandverhältnisse nach Kontrastmittelgabe auf der EBS-Aufnahme ohne Schwierigkeiten festzustellen. Beim Magen kann auf fernsehtechnischem Wege das Grobrelief ausreichend wiedergegeben werden, hingegen ist das Magenfeinrelief nur mit Hilfe der Direktaufnahme zu gewinnen. Das Monitorbild läßt die Beurteilung des Feinreliefs infolge des hierbei mangelnden Auflösungsvermögens nicht mehr zu. Für die Beurteilung der Ulcerationen genügen im wesentlichen die Speicherbilder über das Fernsehen.

Der Einsatzzweck des EBS-Systemes liegt bei der Magen-Darm-Untersuchung nicht darin, die Direktaufnahme zu ersetzen. Wesentlich ist bei dieser Untersuchung die Sicherheit, vermutlich pathologische Veränderungen zeitgerecht und im richtigen Ausschnitt im Röntgenbild darstellen zu können. Eine Diagnosestellung aus der EBS-Aufnahme stellt nur eine zusätzliche Orientierung und diagnostische Sicherheit dar.

O e s o p h a g u s

Eine der Magen-Darm-Untersuchung ähnliche Situation ist die Kontrastvollfüllung des Oesophagus, die auch nur für kurze Zeit zu erreichen ist. Zur Beurteilung

Ist dieser Füllungszustand aber wichtig. Ohne Hilfsmittel, nämlich der sofortigen Wiedergabe des gespeicherten Bildes, ist ein Gelingen der Zielaufnahme nur schwer vornehmbar. Mit der Einzelbildspeicherung sind der Füllungszustand des Oesophagus und dessen Wandverhältnisse sofort zu übersehen.

Differenzen ergeben sich bei der Frage nach Oesophagusvarikosen. In der Erkennbarkeit einer ausgeprägten Varikose erreicht man volle Übereinstimmung zwischen EBS- und Zielaufnahme. Geringe Varikose ist auf der Zielaufnahme besser zu erkennen.

F r a g e

Bei allen (!) Fruchtblasen könnte die Diagnose zu 100 % aus der sofort gespeicherten Zielaufnahme gestellt werden.

S c h l u s s f o l g e r u n g e n

Ballonkatheten- und Ballonangiogrammaufnahmen mit dem EBS-Verfahren erlauben in allen Fällen eine gesicherte Diagnose.

Aus den angiographischen Untersuchungen kann man die Qualität des Weichteilbildes als ausreichend ansehen. Die gespeicherte Zielaufnahme ist zumindest in diesen Fällen als stichhaltige Dokumentation geeignet.

V e r g l e i c d e r E i n z e l b i l d s p e i c h e r u n g m i t d e m E i n z e l b i l d a u f n a h m e v e r f a h r e n

Die Kombination der Zielaufnahme- und EBS-Technik stellt einen interessanten Vorteil für die Angiographie dar. Mit der Summenbildspeicherung, einer der Anwendungen der Einzelbildspeichertechnik in der Angiographie, erstellt man ein weitgehend quantenrausch-

freies Bild und selbst mit einem kurzen Kontrastmittelbolus eine gute Gefäßdarstellung. Bei der Mitspeicherung von indirekten Serienaufnahmen ist die Bildqualität des Speicherbildes entschieden besser und erfordert keine zeitlich aufwendigen Manipulationen. Alle für die Nierenangiographie wesentlichen Punkte wie Katheterlage, ausreichende Gabe von Kontrastmittel, genügender Bildausschnitt und dazu eine weitgehend sichere Aussage bezüglich der Diagnose können beim Einsatz des EBS-Systems gemacht werden.

5.3. Der Ersatz der Direktaufnahme durch das Fernseh-speicherbild

Das fernsehtechnisch gespeicherte Einzelbild eignet sich bisher noch nicht dazu, jede Direktaufnahme zu ersetzen. Nach wie vor ist das herkömmliche Röntgenbild wegen seiner Detailerkennbarkeit und Qualität wichtigstes Dokument für die Diagnostik.

Die vorliegende Untersuchung hat allerdings gezeigt, daß bei den angegebenen Durchleuchtungen eine Diagnosestellung schon in mehr als 90 % aller Routineuntersuchungen durch Durchleuchtung und fernsehtechnisch gespeicherte Einzelbildaufnahme möglich ist. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß nicht alle Röntgenaufnahmen mehr auf Fotopapier erfaßt werden müssen. Zur Dokumentation und Diagnose reicht in einigen Fällen die Durchleuchtung und EBS-Aufnahme aus.

Das Fernseh-speicherbild erreicht eine Treffsicherheit von 100 % bei:

- Tracheadarstellungen (Saug-Preß-Versuch)
- Durchleuchtung des Thorax zum Nachweis von Ergüssen
- Diagnostik von Gallengängen und Gallenblase.

Die Qualität der fernsehtechnisch gespeicherten Ziel-aufnahmen war in diesen Fällen vollkommen ausreichend, der Vergleich mit der Direktaufnahme brachte keine aussagekräftigere Information.

Leider trifft diese Feststellung nicht für alle Untersuchungen zu. Ein Grund dafür mag in der vor allem für Röntgenzwecke noch zu wenig entwickelten Technik der fernsehtechnischen Wiedergabe von kleinsten Einzelheiten liegen. Die Information muß aber auf der Speicheraufnahme vollständig enthalten sein, bevor man an den vollen Ersatz der photographischen Aufnahme durch ein elektronisches System herangehen kann.

Vollkommen bewährt hat sich die Fernsehbildspeicherung in Kombination mit der Indirektaufnahmetechnik bei Angiographien (siehe dort).

5.4. Reduzierung von Risikofaktoren bei Kontrastmittel-injektionen durch Einbeziehung der Indirektaufnahmetechnik und der Fernseheinzelbildspeicherung

Indirektaufnahmetechnik und Einzelbildspeicherung haben sich in der Angio- und Lymphographie als gute Voraussetzung für eine sichere und rationelle Untersuchung erwiesen.

Die Injektion von Kontrastmittel zu Gefäßdarstellungen ist immer mit mehr oder weniger Gefahr für den Patienten verbunden. Kontrastmittelzwischenfälle und ihre

Folgen wie allergische Hautreaktionen, Brechreiz, Hitzegefühl oder schwere respiratorische, kardio-vaskuläre und zerebrale Reaktionen werden nie durch eine vollkommeneren Technik, als eher durch spezifische Anamnese und dauernde Beobachtung des Patienten zu verhindern, bzw. zu beheben sein.

Gleiches gilt nicht für die Technik der Injektion, Katheterlage und Instillation von Kontrastmittel. Hier kann heute durch optimale Überwachung jeder Manipulation das Risiko eines Zwischenfalles weitgehend gesenkt werden.

Eine wichtige Aufgabe für die Mitspeicherung bei Indirektaufnahmen ist die Verringerung von Kontrastmittelkomplikationen zum Schutze des Patienten.

Als Beispiel für eine gefährvolle Untersuchung sei an dieser Stelle die Carotisangiographie erwähnt. Man kann bei der bisherigen Blattfilmwechslertechnik zwar die Nadellage in der A. carotis mit einer Kontrastmittel-Probeinjektion unter Durchleuchtung prüfen, muß aber anschließend den Patienten vom Bildverstärker zum Blattfilmwechsler verschieben. Die Veränderung der Nadellage mit einer eventuellen Verletzung des Gefäßes und seiner Umgebung ist aber bei diesem Vorgehen möglich und kann für den Patienten den Tod bedeuten.

Mit der Indirektaufnahmetechnik ist die Kontrastmittelinjektion unmittelbar zu verfolgen. Der Patient braucht nicht mehr umgelagert zu werden und bei fehlerhafter Nadellage kann sofort unterbrochen und der Patient vor Schaden bewahrt werden.

Angesichts der Gefahren, die gerade diese Untersuchung mit sich bringt, ist eine sichere Technik mit Indirektaufnahme und fernsehtechnischer Bildspeicherung hier direkt zu fordern.

Ein Nachteil, der bislang dem großformatigen Blattfilmwechsler wie auch den indirekten Bildverstärkeraufnahmen anhaftete, war die Notwendigkeit, die Entwicklung der Filme abzuwarten, bevor sie auf ihr Gelingen hin überprüft werden konnten. Die Filmentwicklung, die in einer vom Röntgenraum mehr oder weniger weit entfernten Dunkelkammer stattfand, ließ einige Zeit vergehen. Entsprechend lang war auch die Katheterverweildauer im Patienten, der hierdurch nicht unerheblich belastet wurde.

Als drittes Beispiel seien noch unsere Erfahrungen in der Lymphographie genannt, bei der aufgrund der Kontrolle durch Indirektaufnahme und Bildspeicherung Fehlinjektionen ins Gewebe frühzeitig erkannt, und die Injektionsmenge bei Gefäßunterbrechungen bzw. lympho-venösen Anastomosen den jeweiligen Verhältnissen optimal angepaßt werden konnten.

5.5. Das Bildformat bei Indirektaufnahmen vom Sekundärleuchtschirm und dessen Bedeutung für die Speichereinheit

Nach mehrjähriger Anwendung der 70 mm- und 100 mm-Indirektaufnahmeformate hat sich in der Praxis inzwischen herauskristallisiert, daß mit großer Wahrscheinlichkeit nur die 100 mm-Aufnahme in Zukunft Verwendung findet und das 70 mm-Format aus der Filmpalette wegfallen wird. Die Vorzüge des 100 mm-Formates sind die gerade noch ohne Hilfsmittel betrachtbare Filmgröße und das Einzelbild.

Die 100 mm-Filme sind problemlos in der Handhabung. Sie müssen auch nicht erst wie die 70 mm-Aufnahmen von der Filmrolle abgeschnitten werden.

Der verzögerte Einsatz des größeren Formates lag daran, daß es keine 100 mm-Kameras mit ausreichend rascher Bildfolge gab. Diese rein technische Frage ist gelöst. Mit Hilfe der neuesten Kameras können jetzt auch bis zu sechs Bilder pro Sekunde angefertigt werden.

Die Kombination von 100 mm-Format mit Serienbildeinrichtung und Speichertechnik stellt eine ideale Voraussetzung für die rationelle angiographische Untersuchung dar.

5.6. Eignung der fernsehtechnischen Einzelbildspeicherung für die Routinediagnostik

Nachdem die technischen Probleme für die Bandspeicherung von einzelnen Zielaufnahmen gelöst sind, bleibt die Frage offen, ob sich die Einzelbildspeicherung für die Routinediagnostik eignet.

Wir haben die Speichereinheit an verschiedenen radiologischen Arbeitsplätzen und bei unterschiedlichen Routine- und Spezialuntersuchungen eingesetzt und wollten dabei ihre Eignung besonders für Routineaufnahmen testen.

Dabei stellten wir folgende Anforderungen in den Vordergrund:

- Einfache Bedienung des Gerätes ohne zusätzlichen großen Zeitaufwand,
- ausreichende Bildinformation,
- diagnostische Hilfe beim Anfertigen von Zielaufnahmen.

Während einer fast einjährigen Erfahrung kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Mitspeichereinheit bedarf keiner besonderen Bedienung und Wartung.

Der Bandspeicher wird am Morgen mit dem Röntgengerät eingeschaltet und braucht dann nicht mehr eigens überprüft, gestartet oder gestoppt zu werden. Die schrittweise Weiterführung des Bandes und die damit sofortige Verfügbarkeit für eine neue Aufnahme ist automatisch gesteuert, ebenso die unverzügerte Wiedergabe des gespeicherten Bildes. Sofort nach dem Auslösen der Zielaufnahme erscheint vollautomatisch das gezielte Bild auf dem Monitor.

Somit entfallen zusätzliche Handgriffe. Es wird jedes Bild ohne vorausgehende Vorbereitung und Neueinstellung auf Band festgehalten und kann dann als Dokumentation verwendet werden, auch wenn die Direktaufnahme verlorengelassen oder aus irgend einem Grund beim Entwickeln unbrauchbar werden sollte.

2. Das gespeicherte Bild enthält bereits die Bildinformation der Direktaufnahme.

Der Radiologe bekommt beim Betrachten der gespeicherten Zielaufnahme ohne zeitlichen Verlust, der durch Entwickeln der Bilder zustande kommt, den notwendigen Überblick über das Gelingen seiner gezielten Aufnahme. Besonders für junge Ärzte, aber auch für den Erfahrenen, ist diese unmittelbare Kontrolle eine große Erleichterung und ein Wegweiser für weitere Untersuchungsvorgänge und Bildeinstellungen.

Diese Feststellung machten wir bei der allgemeinen Röntgendiagnostik, vor allem aber bei Untersuchungen am angiographischen Arbeitsplatz.

3. Durch die Einführung des EBS-Systems wird ein höherer Patientendurchgang in einer Röntgenabteilung ermöglicht.

Wir stellten fest, daß durch die Einführung der Speichereinheit zahlenmäßig mehr Untersuchungen möglich wurden. Für die Routinediagnostik an großen Kliniken ist dieses Ergebnis recht bedeutend.

Die Kombination von indirekten Aufnahmen und die auf Videoband parallel mitgespeicherten Fernseheinzelnbilder verkürzen die Untersuchungszeit erheblich. Diese Tatsache erlaubt eine höhere Patientenfrequenz, die nach unseren Erfahrungen in der Angiographie etwa das zwei- bis dreifache der Blindangiographie mit Blattfilmwechslers beträgt.

Nach den Ergebnissen unserer Untersuchung hat sich das EBS-System für die Speicherung von Zielaufnahmen bzw. Einzelbildern in der allgemeinen Routinediagnostik gut bewährt. Es führt nicht nur zu einem schnelleren Untersuchungsablauf, sondern bringt auch noch zusätzlich diagnostische Sicherheit.

Bei einer weiteren Verbesserung der fernsehtechnischen Übertragungs- und Wiedergabemöglichkeiten in der Radiologie kann das gespeicherte Einzelbild in Zukunft sicher noch häufiger eine Direktaufnahme ersetzen.

5.7. Der Einsatz der Fernseheinzelnbild-Speicherung an anderen speziellen radiologischen Arbeitsplätzen

Die fernsehtechnische Mitspeicherung von Einzelbildern eignet sich wegen der problemlosen Handhabung und ihrer Kontrollfunktion bei Zielaufnahmen nicht nur

für die interne und angiographische Röntgen-Routine-diagnostik. Sie kann z.B. auch in der pädiatrischen Radiologie und der traumatischen Angiographie ein wertvolles diagnostisches Hilfsmittel werden.

Gerade bei der Untersuchung von unruhigen und ängstlichen Kindern kommt es häufig vor, daß Direktaufnahmen wegen Bewegungsunschärfe insuffizient sind und wiederholt werden müssen. Die Kontrolle durch die fernsehtechnische Bildaufnahmemit-speicherung läßt dieses Fehlverhalten sofort erkennen und trägt so zu einer Vermeidung von Wiederholungsaufnahmen oder unnötigen Serienaufnahmen bei.

Für die traumatologische Angiographie, bei der eine Verkürzung der Untersuchungszeit und eine geringe Belastung des Patienten durch risikarmes Manipulieren von großer Wichtigkeit ist, wird das EBS-System zur Erkennung und Lokalisation von Gefäßverletzungen vor operativen Eingriffen entscheidende Vorteile bringen.

Z U S A M M E N F A S S U N G

In dieser Arbeit wurde eine Bandspeichereinheit auf ihre Einsatzmöglichkeit in der Röntgen-Routinediagnostik geprüft und deren Eignung festgestellt. Mit ihr wird eine Zielaufnahme auf fernsehtechnischem Wege gespeichert und als Einzelbild ohne zeitliche Verzögerung auf dem Fernsehmonitor wiedergegeben. Diese Art der Speicherung wird in der Arbeit Einzelbildspeicherung, abgekürzt "E B S", genannt.

Hauptbestandteil der Anlage ist eine automatische Irisblende vor der Fernsehkamera und eine elektronische Einrichtung zur Steuerung eines Bandspeichers, auf dessen Band ein Einzelbild entsprechend aufgezeichnet und wiedergegeben werden kann.

Wir haben die fernsehtechnische Speicherung von Zielaufnahmen eingesetzt in der internen Röntgen-Routinediagnostik und am angiographischen Arbeitsplatz zur Mitspeicherung von Einzelbildern bei Kontrastmittel-Probeinjektionen und bei Serienaufnahmen.

Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

- a) Die praktische Anwendung der EBS ist problemlos und erfordert während der Untersuchung keinen zusätzlichen Arbeits- oder Zeitaufwand.
- b) Über Gelingen oder Mißlingen eines Bildes kann sofort nach Auslösen der Zielaufnahme entschieden werden.
- c) Die gespeicherte Zielaufnahme hat gegenüber dem Durchleuchtungsbild eine wesentlich höhere Bild-

qualität und ermöglicht eine vorläufige Diagnose in mehr als 90 % der Untersuchungen.

d) Die Risiko für den Patienten wird bei Angiographien mit EFS-System vermindert.

e) Die Strahlenbelastung ist bei Indirektaufnahmetechnik, kombiniert mit der Fernsehbildspeicherung, reduziert.

f) Die radiologische Untersuchung kann effektiver, das heißt, mit einer zusätzlichen diagnostischen Sicherheit und mit einer Verkürzung der gesamten Untersuchungsdauer gestaltet werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt, daß der Einsatz dieser elektronischen Mitspeicherung von Einzelbildern mit der unverzüglichen Bildwiedergabe auf dem Fernsehschirm in Zukunft einen gleichberechtigten Platz neben der Speicherung von Bewegungsabläufen finden kann.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1 BELOW, F., KROEBEL, W., SPRINGER, H.:

Über ein objektives Verfahren zur Bestimmung
der Bildgüte beim Fernsehen
Rundfunktechn. Mitt. 1 (1957), 7-11

2 BERCI, G., SEYLER, A.J.:

An X-ray television image storage apparatus
Amer. J. Roentgenol. 90 (1963), 1290-1300

3 BISCHOFF, K., BODENSTEIN, C., WALTER, H.:

Der Siemens-Folien-Bildspeicher, ein neuer
magnetischer Einzelbildspeicher und seine
Bedeutung im Rahmen der röntgendiagnostischen
Aufnahme- und Durchleuchtungstechnik
Fortschr. Röntgenstr. 98 (1963), 81-82

4 BOUWERS, A., KREBS, R.:

Elektronische Methoden zur Herstellung des
Röntgenbildes
Handbuch der med. Radiologie, Physikal.
Grundlagen und Technik, Teil 1 (1968), 393-397

5 DEININGER, H.K., BARTH:

Die Herstellung und Projektion von Dia-
positiven von Röntgenbildern
Röntgenpraxis 25 (1972), 287-289

6 FUCHS, H., HAENDLE, J., HORBASCHEK, H., SCHLIT, G.,
SCHUSTER, W.;

MEMOSPOT - Die unverzögerte Wiederergabe von fern-
sehtechnisch mitgespeicherten Zielaufnahmen in
der internen und pädiatrischen Röntgendiagnostik
Elektromedica 4-5 (1973), 157-158

GERAUER, A., LISONER, J., SCHOTT, C.:

Die Röntgenfernsehen

Trieme Verlag Stuttgart (1965)

5 JIRANY, E.R., GATNER, E.S.:

Telex-tape-kinescopy and cineradiography.

Comparison of two methods of recording

[unclear]

Radiology 70 (1962), 750

8 HASLATER, H., SEINER, K.:

Der Röntgenbandespeicher in der radiologischen

Quantifizierung

SW - Nachr. (1964), 11-15

11 JUTHAS, A.:

La radio-magnétoscopie, applications et
inconvenients

J. belge Radiol. 47 (1964), 195

12 JUTHAS, A.:

Telecentric diagnosis by means of videotape
recording

Amer. J. Roentgenol. 82 (1964), 1099-1102

14 KROUSEL, W., ABE, F., SAUNISTORF, H.:

Die Erkennbarkeit von Bilddetails bei
Fernsehbildern

Z. angew. Physik 10 (1958), 200-207

15 MORGAN, S.H.:

Development and state of X-ray television
interaction in America

IX. Int. Congr. Radiol., München 1960

Trieme Stuttgart (1961), 20-30

- 14 OOSTERKAMP, W.J., SCHUT, Th.G.:
Magnetische Speicherung von Röntgenbildern
Elektromedizin 6 (1961), 147-152
- 15 PFEIFFER, W.:
Die Bildgüte in der Radiologie
Ärztl. Praxis 16 (1964), 1849-1954
- 16 SCHOTT, O.:
Der Folienspeicher für Röntgendiagnostik
Röntgenbl. 16 (1963), 65-71
- 17 SCHOTT, O.:
Röntgenfernsehen
Röntgenpraxis 16 (1963), 265-282
- 18 STEVENSON, J.H.:
Television techniques with the 5in., 7in.
and 9in. image intensifiers
Brit. J. Radiol. 34 (1961), 273-285
- 19 THEILE, R.:
Grundlagen der Fernsehtechnik und ihre Anwendung zur Übertragung von Röntgenschirmbildern
Ärztl. Fortschritt 18 (1964), 216-217
- 20 WALLMAN, H., WICKBOM, I.:
Roentgen-television equipment for use in surgery
Acta radiol. 51 (1959), 297-304

- 21 WEBSTER, E.W., SMITH, L.C.:
A system for stereoscopic fluoroscopy
involving electronic storage.
Radiology 78 (1962), 117-119
- 22 WENZ, W.:
Angiographie in einem traumatologischen
Zentrum
Dt. Röntgen-Kongreß (1972)
- 23 ZIEDESSES DES PLANTES, B.G.:
Subtraktion
Thieme, Stuttgart (1961)

8 LEBENS LAUF

Am 23. Februar 1947 wurde ich als Sohn des Drogisten Richard Streng und seiner Ehefrau Magdalena Streng, geb. Joas, in Augsburg geboren.

Nach dem Besuch der Volks- und Realschule schloß ich meine Schulausbildung 1969 mit dem Abitur im humanistischen Gymnasium St. Matthias, Wolfratshausen, ab.

Das Studium der Humanmedizin begann ich im Wintersemester 1969/70 an der Universität München.

Im Dezember 1975 legte ich an der Münchener Ludwig-Maximilian-Universität die ärztliche Prüfung ab.

